TÜV Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH
TÜV Rheinland Group
D - 51105 Köln, Am Grauen Stein, Tel: 0221/806-2756, Fax: 0221/806-1349

TÜV IMMISSIONSSCHUTZ
UND ENERGIESYSTEME GMBH

Bericht über die Ergänzungssprüfung der Immissionsmesseinrichtung OPSIS SM 200 mit PM10 Vorabscheider der Firma OPSIS AB für die Komponente Schwebstaub PM10

TÜV-Bericht: 936/21201592/A
Köln, 05.07.2005

Die TÜV Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH ist mit der Abteilung Immissionsschutz
für die Arbeitsgebiete:

- Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen und Geruchsstoffen;
- Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus und der Funktion sowie Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Emissionsmessgeräte einschließlich Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung;
- Eignungsprüfung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Emissionen und Immissionen sowie von elektronischen Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung

nach DIN EN ISO/IEC 17025 sowie DIN EN ISO 9002 akkreditiert.

Die Akkreditierung ist gültig bis 04-12-2005.
DAR-Registriernummer: DAP-PL-3856.99.

Akkreditiertes Prüfinstitut



DAP-PL-3856.99

Bericht über die Ergänzungssprüfung der Immissionsmesseinrichtung OPSIS SM 200 mit PM10 Vorabscheider der Firma OPSIS AB für die Komponente Schwebstaub PM10

Geprüfte Messeinrichtung:	OPSIS SM 200 mit PM10 Vorabscheider
Gerätehersteller:	OPSIS AB Box 244 SE-244 02 Furulund Schweden
Prüfzeitraum:	von: Januar 2004 bis: April 2005
Berichtsdatum:	05.07.2005
Berichtsnummer:	936/21201592/A
Berichtsumfang:	insgesamt 306 Seiten Anhang ab Seite 138 Handbuch ab Seite 208 mit 98 Seiten



Inhaltsverzeichnis



1 Kurzfassung und Bekanntgabevorschlag

1.1 Kurzfassung

Gemäß der 1. Tochterrichtlinie 1999/30/EG vom 22.April 1999 „über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft“ zur Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG vom 27. September 1996 „über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität“ sind als Referenzmethoden zur Messung der PM10-Konzentration die in der EN 12341 „Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“ beschriebenen Methoden zu verwenden. Die Mitgliedsstaaten können jedoch auch ein anderes Verfahren verwenden, wenn nachgewiesen werden kann, „dass dieses eine feste Beziehung zur Referenzmethode aufweist. In diesem Fall müssen die mit diesem Verfahren erzielten Ergebnisse um einen geeigneten Faktor korrigiert werden, damit gleichwertige Ergebnisse wie bei der Verwendung der Referenzmethode erzielt werden.“ (1999/30/EG, Anhang IX, Art. IV, Abs.2).

Die Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 von Juni 2002 beschreibt die „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung“. Die allgemeinen Rahmenbedingungen für die zugehörigen Prüfungen sind in der Richtlinie VDI 4203, Blatt 1 „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Grundlagen“ vom Oktober 2001 beschrieben. VDI 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“ vom August 2004 präzisiert diese Rahmenbedingungen.

Im Auftrag der OPSIS AB führte die TÜV Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung OPSIS SM 200 für die Komponente Schwebstaub PM10 durch. Die Eignungsbekanntgabe der Messeinrichtung erfolgte im Amtlichen Teil des Bundesanzeigers vom 15.05.2003.

Auf Grund der nach der Bekanntgabe durch die Firma OPSIS AB durchgeführten Modifizierung der Messeinrichtung war es erforderlich geworden, die Konformität der modifizierten Messeinrichtung OPSIS SM 200 mit PM10 Vorabscheider(in Folge zur besseren Unterscheidung SM 200 (Neu) genannt) mit der ursprünglichen Messeinrichtung (in Folge zur besseren Unterscheidung SM 200 (Alt) genannt) im Rahmen einer Ergänzungsprüfung zu prüfen und gegebenenfalls zu bestätigen.

Der Bericht zu der Eignungsprüfung der ursprünglichen Messeinrichtung (Berichts-Nr.: 936/801013/A vom 29. Januar 2003) wird hierbei als Basis zu diesem vorliegenden Ergänzungsprüfbericht herangezogen.

Die Ergänzungsprüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien und Anforderungen:

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen", Juni 2002
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen", August 2004
- Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode", Deutsche Fassung EN 12341: 1998

Die Messeinrichtung OPSIS SM 200 saugt mit Hilfe einer Pumpe Umgebungsluft über einen PM10 Probenahmekopf auf einen Filter. Die Bestimmung der abgeschiedenen Staubmasse auf dem Filter erfolgt nach der Probenahme durch das radiometrische Messprinzip der Beta-Absorption. Weiterhin besteht die Möglichkeit den Filter gravimetrisch auszuwiegen. Auch steht der Filter für weitere analytische Verfahren wie z. B. eine Schwermetallanalyse zur Verfügung.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines mehrmonatigen Feldtests.

Der mehrmonatige Feldtest erfolgte an den Standorten gemäß Tabelle 1 und Tabelle 2:



Tabelle 1: Beschreibung der Messstellen

	Parkplatzgelände, Köln	Wesseling	Mechernich	Brühl
Zeitraum	12/2000 – 02/2001	04/2002 – 07/2002	07/2002 – 11/2002	11/2002 – 01/2003
Anzahl der Messwerte	39	62	114	45
Charakterisierung	Städtischer Hintergrund	Industriegebiet	Ländliche Struktur	Kieswerk
Einstufung der Immissionsbelastung	durchschnittlich bis hoch	hoch	niedrig	durchschnittlich

Im Rahmen der ergänzenden Untersuchungen erfolgte mit den modifizierten Messeinrichtungen an einem Standort in Schweden ebenfalls ein mehrmonatiger Feldtest.

Tabelle 2: Beschreibung der Messstelle aus der Ergänzungsprüfung

	Furulund
Zeitraum	12/2004 – 04/2005
Anzahl der Messwerte	104
Charakterisierung	Ländliche Struktur
Einstufung der Immissionsbelastung	niedrig bis durchschnittlich

Bei der Eignungsprüfung als auch in der Ergänzungsprüfung wurden die Bedingungen der Mindestanforderungen erfüllt.

Seitens der TÜV Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH wird daher eine Veröffentlichung als eignungsgeprüfte Messeinrichtung zur laufenden Aufzeichnung der Immissionen von Schwebstaub PM10 vorgeschlagen.

1.2 Bekanntgabevorschlag

Aufgrund der erzielten positiven Ergebnisse wird folgende Empfehlung für die Bekanntgabe als eignungsgeprüfte Messeinrichtung ausgesprochen:

1.2.1	**Messaufgabe**	:	Laufende Aufzeichnung der Immissionen von Schwebstaub PM10
1.2.2	**Gerätename**	:	OPSIS SM 200 mit PM10 Vorabscheider
1.2.3	**Messkomponenten**	:	Schwebstaub PM10
1.2.4	**Hersteller**	:	OPSIS AB Box 244, SE-244 02 Furulund, Schweden
1.2.5	**Eignung**	:	Zur kontinuierlichen Immissionsmessung der PM10-Fraktion im Schwebstaub im stationären Einsatz.
1.2.6	**Messbereiche bei der Eignungsprüfung**	:	0 bis 200 µg/m³
1.2.7	**Softwareversion**	:	Version 1.03 (OPSIS SM 200 (Neu))
1.2.8	**Einschränkungen**	:	Keine
1.2.9	**Hinweise**	:	1. Ergänzungsprüfung der Eignungsbekanntgabe im BAnz. 2003, Nr. 90, S. 10742 2. Die 2 Versionen der Messeinrichtung können sicher anhand der Seriennummer unterschieden werden: SN < 1000 = OPSIS SM 200, alte Version TÜV-Bericht-Nr.: 936/801013A SN > 1000 = OPSIS SM 200, neue Version TÜV-Bericht-Nr.: 936/21201592/A 3. Die Messeinrichtung wird auch unter dem Namen Aeris AB, Box 244, 244 02 Furulund, Schweden vertrieben. 4. Die Messeinrichtung ist in einem verschließbaren Messcontainer zu betreiben. 5. Die Linearitätsprüfung der radiometrischen Messung erfordert verschiedene Referenzfolien des Geräteherstellers. 6. Das Ansaugrohr muss bis zum Analysator mit Außenluft gespült werden (Option C).
1.2.10	**Prüfinstitut**	:	TÜV Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, Köln TÜV Rheinland Group Verantwortlicher Prüfer: Herr Dipl.-Ing. Karsten Pletscher
1.2.11	**Prüfbericht**	:	936/21201592/A vom 05.07.2005

1.3 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein-gehal-ten	Seite
4 Bauartanforderungen				
4.1 Allgemeine Anforderungen				
4.1.1 Messwertanzeige	Muss vorhanden sein.	Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.	ja	49
4.1.2 Wartungsfreundlichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar.	ja	50
4.1.3 Funktionskontrolle	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten. Prüfgaserzeugungssysteme müssen der Messeinrichtung ihre Betriebsbereitschaft über Statussignale anzeigen und direkt oder telemetrisch ansteuerbar sein. Unsicherheit dieser Prüfgaseinrichtung darf in drei Monaten 1 % von B2 nicht überschreiten.	Alle im Bedienungshandbuch beschriebenen Gerätefunktionen sind vorhanden, aktivierbar und funktionieren.	ja	51
4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.	ja	54
4.1.5 Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben hierzu enthalten	Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.	ja	55
4.1.6 Unbefugtes Verstellen	Muss Sicherung dagegen enthalten.	Die Messeinrichtung ist in einem Messcontainer zu verschließen.	ja	56
4.1.7 Messsignalausgang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden analog (0-10 V oder 0-20 mA) und digital (über RS 232) angeboten.	ja	57
4.2 Anforderungen an Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz	Ständige Betriebsbereitschaft muss gesichert sein; Anforderungen des stationären Einsatzes müssen analog im mobilen Einsatz erfüllt sein.	Die Messeinrichtung wurde im Rahmen des Feldtestes an mehreren verschiedenen Standorten betrieben; kann aber nicht in fahrenden Fahrzeugen eingesetzt werden.	nein	59

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5. Leistungsanforderungen				
5.1 Allgemeines	Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.	Differenzen zwischen Geräteausstattung und Handbüchern wurden nicht beobachtet.	ja	60
5.2 Allgemeine Anforderungen				
5.2.1 Messbereich	Messbereichsendwert größer B_2.	Es ist ein Messbereich von 0-200 µg/m³ bzw. 0-1.000 µg/m³ eingestellt.	ja	61
5.2.2 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Negative Messsignale werden von der Messeinrichtung nicht direkt angezeigt. Auf Basis der abgespeicherten Daten kann aber im Einzelfall ein negativer Messwert berechnet werden, soweit dies zur Qualitätssicherung erforderlich ist.	ja	62
5.2.3 Analysenfunktion	Zusammenhang zwischen Ausgangssignal und Messgröße muss mittels Analysenfunktion darstellbar sein und durch Regressionsrechnung ermittelt werden.	Die Bildung von Stundenwerten für die Komponente Feinstaub PM10 ist zur Überwachung der einschlägigen Grenzwerte nicht erforderlich.	ja	88
5.2.4 Linearität	Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion im Bereich von Null bis B_1 maximal 5 % von B_1 und im Bereich Null bis B_2 maximal 1 % von B_2.	Für Staubmesseinrichtungen ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.3.1 „Gleichwertigkeit der Probenahmesysteme“ durchzuführen.	ja	67
5.2.5 Nachweisgrenze	Maximal B_0.	Die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen zu 0,41 µg/m³ für Gerät 1 (SN 285) und zu 1,08 µg/m³ für Gerät 2 (SN 288) (vom Gerät ausgegebene Werte), bzw. zu 0,96 µg/m³ für Gerät 1 (SN 285) und zu 1,29 µg/m³ für Gerät 2 (SN 288) (aus cpm errechnete Werte).	ja	67
5.2.6 Einstellzeit	Maximal 5 % der Mittelungszeit (gleich 180 Sekunden).	Nicht zutreffend.	-	70
5.2.7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur	Nullpunktmesswert darf bei ΔT_u um 15 K zwischen +5 °C und +20 °C bzw. um 20 K zwischen +20 °C und +40 °C B_0 nicht überschreiten.	Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte kein Einfluss der Umgebungstemperatur auf den Nullpunkt festgestellt werden. Bei Betrachtung der aus den cpm errechneten Werte ergaben sich maximale Abweichungen von 0,42 µg/m³ für Gerät 1 (SN 285) bzw. von -0,48 µg/m³ für Gerät 2 (SN 288).	ja	71

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein-gehal-ten	Seite
5.2.8 Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungs-temperatur	Der Messwert im Bereich von B1 darf nicht mehr als ± 5 % bei ΔT_u um 15 K zwischen +5 °C und +20 °C bzw. um 20 K zwischen +20 °C und +40 °C betragen.	Es konnten keine Abweichungen > -0,58 % (Gerät 1 (SN 285)) bzw. > -1,22 % (Gerät 2 (SN 288)) zum Ausgangswert bei 20 °C ermittelt werden.	ja	73
5.2.9 Nullpunktsdrift	In 24 Stunden und im Wartungsintervall maximal B_0.	Die gefundenen Messwerte liegen alle innerhalb der erlaubten Grenzen.	ja	75
5.2.10 Drift des Messwertes	In 24 Stunden und im Wartungsintervall maximal 5 % von B_1.	Die Drift des Messwertes betrug im Wartungsintervall maximal 3,14 % (SN285) bzw. 2,4 % (SN 288). Im Rahmen der Ergänzungsprüfung betrug die maximale Drift am Messwert -0,34 % (SN 1110) bzw. -0,80 % (SN 1112) .	ja	80
5.2.11 Querempfindlichkeit	Im Bereich des Nullpunktes maximal B_0 und im Bereich B_2 maximal 3 % von B_2.	Nicht zutreffend.	-	85
5.2.12 Reproduzierbarkeit	$R_D \geq 10$ bezogen auf B_1.	Die Reproduzierbarkeit betrug im Feldtest minimal 10 – 16. Im Rahmen der Ergänzungsprüfung betrug die Reproduzierbarkeit minimal 12.	ja	86
5.2.13 Stundenwerte	Bildung muss möglich sein.	Die Bildung von Stundenwerten für die Komponente Feinstaub PM10 ist zur Überwachung der einschlägigen Grenzwerte nicht erforderlich.	nicht zutreffend	88
5.2.14 Netzspannung und Netzfrequenz	Messwertänderung bei B_1 maximal B_0 im Spannungsintervall (230 +15/-20) V und Messwertänderung im mobilen Einsatz maximal B_0 im Frequenzintervall (50 ± 2) Hz.	Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen > 0,56 % bei Gerät 1 (SN 285) bzw. > 0,77 % bei Gerät 2 (SN 288), bezogen auf den Vorgängerwert, festgestellt werden. Durch Netzfrequenzänderungen konnten keine Abweichungen >-0,45 % bei Gerät 1 (SN 285) bzw. >-0,57 % bei Gerät 2 (SN 288), bezogen auf den Vorgängerwert, festgestellt werden.	ja	89
5.2.15 Stromausfall	Unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas muss unterbunden sein; Geräteparameter müssen gegen Verlust durch Pufferung geschützt sein; messbereiter Zustand bei Spannungswiederkehr muss gesichert sein und Messung muss fortgesetzt werden.	Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt. Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft.	ja	91

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.2.16 Gerätefunktionen	Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale überwachbar sein.	Die Messeinrichtungen können über ein Modem von einem externen Rechner so gesteuert und überwacht werden, als wenn der Nutzer direkt am Gerät steht.	ja	92
5.2.17 Umschaltung	Messen/Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch und manuell auslösbar sein.	Grundsätzlich können alle Arbeiten zur Funktionskontrolle und Kalibrierung direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung durchgeführt werden.	ja	93
5.2.18 Verfügbarkeit	Mindestens 90 %.	Die Verfügbarkeit betrug für beide Geräte 97,8 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle, bzw. 90,6 % inkl. prüfungsbedingter Ausfälle. Im Rahmen der Ergänzungsprüfung betrug die Verfügbarkeit für beide Geräte 100 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle, bzw. 89,7 % inkl. prüfungsbedingter Ausfälle.	ja	94
5.2.19 Konverterwirkungsgrad	Mindestens 95 %.	Nicht zutreffend.	-	97
5.2.20 Wartungsintervall	Möglichst 28 Tage, mindestens 14 Tage.	Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 1 Monat.	ja	98
5.2.21 Gesamtunsicherheit	Einhaltung der Anforderungen an die Datenqualität [G10 bis G12].	Die Gesamtunsicherheiten ergaben sich zu 15,4 % bzw. 15,1 % für U(c) und 10,6 % für beide Systeme für U($\bar{c}$). Im Rahmen der Ergänzungsprüfung ergaben sich Gesamtunsicherheiten von 8,6 % bzw. 9,1 % für U(c) und 9,0 % für beide Systeme für U($\bar{c}$).	ja	99
5.3 Anforderungen an Messeinrichtungen für partikelförmige Luftverunreinigungen				
5.3.1 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems	Zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T2] ist nachzuweisen.	Die Referenz-Äquivalenzfunktionen liegen in den Grenzen des jeweiligen Akzeptanzbereiches. Weiterhin ist der Variationskoeffizient R^2 der berechneten Referenz-Äquivalenzfunktionen im betreffenden Konzentrationsbereich ≥ 0,95. Dies gilt sowohl für OPSIS SM 200 (Alt) wie auch für OPSIS SM 200 (Neu).	ja	109

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein-gehal-ten	Seite
5.3.2 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme	Ist im Feldtest nach DIN EN 12 341 [T2] für zwei baugleiche Probenahmesysteme nachzuweisen.	Der zweiseitige Vertrauensbereich CI95 liegt mit maximal 3,96 µg/m³ unterhalb des geforderten Wertes von 5 µg/m³. Auch die im Rahmen der Ergänzungsprüfung ermittelten zweiseitigen Vertrauensbereiche CI95 liegen mit minimal 2,27 µg/m³ bis maximal 3,29 µg/m³ für alle möglichen Gerätekombinationen unterhalb des geforderten Wertes von 5 µg/m³.	ja	119
5.3.3 Kalibrierung	Durch Vergleichsmessung im Feldtest mit Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T2]; Zusammenhang zwischen Messsignal und gravimetrischer Referenzkonzentration als stetige Funktion ermitteln.	Siehe Modul 5.2.3.	-	125
5.3.4 Querempfindlichkeit	Maximal 10 % von B_1.	Es konnte kein Störeinfluss > 0,2 µg/m³ Abweichung vom Sollwert durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte auf das Nullpunktsignal festgestellt werden (vom Gerät ausgegebene Messwerte). Eine Untersuchung des Störeinflusses der im Messgut enthaltenen Luftfeuchte auf die Empfindlichkeit konnte nicht untersucht werden. Während des Feldtestes konnten jedoch bei wechselnden relativen Luftfeuchten kein Einfluss auf die Messwerte beobachtet werden.	ja	126
5.3.5 Tagesmittelwerte	24 h-Mittelwerte müssen möglich sein; Zeit für den Filterwechsel maximal 1 % der Mittelungszeit.	Die Bildung von Tagesmittelwerten ist möglich. Die maximale Zeit für den Filterwechsel beträgt bei 24-stündiger Probenahem und täglichem „Pneumatic Test" ca. 0,28 % der Mittelungszeit.	ja	129
5.3.6 Konstanz des Probenahmevolumenstroms	± 3 % vom Sollwert während der Probenahmedauer; Momentanwerte ± 5 % vom Sollwert während der Probenahmedauer.	Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als ± 3 %, alle Momentanwerte weniger als ± 5 % vom Sollwert ab.	ja	130
5.3.7 Dichtheit des Probenahmesystems	Undichtigkeit maximal 1 % vom Probenahmevolumen.	Die maximal ermittelten Undichtigkeiten ergaben sich zu 0,79 % für Gerät 1 (SN 285) sowie zu 0,82 % für Gerät 2. Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurde am OPSIS SM 200 (Neu) eine maximale Undichtigkeit von 0,98 % ermittelt.	ja	134
5.4 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen	Müssen für jede Einzelkomponente im Simultanbetrieb aller Messkanäle erfüllt sein; im Sequenzbetrieb muss die Bildung von Stundenmittelwerten gesichert sein.	Nicht zutreffend.	-	135

2 Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der OPSIS AB wurde von der TÜV Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung OPSIS SM 200 mit PM10 Vorabscheider vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als Ergänzungsprüfung auf Basis des Messberichts TÜV-Bericht-Nr. 936/801013/A vom 29. Januar 2003.

2.2 Zielsetzung

Auf Grund der Modifizierung der Messeinrichtung SM 200 mit PM10-Vorabscheider, wurde im Auftrag der Firma OPSIS AB, Schweden, eine erneute Eignungsprüfung der oben genannten Messeinrichtung als Ergänzungsprüfung zu der bisherigen Messeinrichtung SM 200 mit PM10-Vorabscheider vorgenommen.

Die Modifizierung der Messeinrichtung erfolgte im Rahmen des Übergangs der Firma OPSIS AB, Schweden von der Herstellung der Messeinrichtung in Lizenz zur vollständigen, eigenständigen Produktion der Messeinrichtung.

Die Durchführung der Eignungsprüfung der modifizierten Messeinrichtung als Ergänzung zur bestehenden Eignungsprüfung erfolgt auf Grund der Tatsache, dass keinerlei Änderungen in dem Aufbau und Konzept der bisherigen Messeinrichtung vorgenommen wurden. Alle relevanten Bestandteile der Messeinrichtung werden in der modifizierten Messeinrichtung in der gleichen Art und Weise übernommen und verwendet, wie dies in der alten Messeinrichtung der Fall war. Die vorgenommen Änderungen beschränken sich im wesentlichen auf Änderungen im Außendesign der Messeinrichtung, Ergänzungen von Sensoren zur Qualitätssicherung sowie eine neu gestaltete Geräteelektronik (Benutzeroberfläche, neuer Menüaufbau, zusätzliche Funktionen). Alle in der bisherigen Version verfügbaren Funktionen sind in der aktuellen Version verfügbar. Die Unterschiede zwischen neuer Version (in Folge SM 200 (Neu) genannt) und Vorgängermodell (in Folge SM 200 (Alt) genannt) sind in detaillierter Form in Kapitel 3 dieses Berichtes dargestellt.

Der vorliegende Bericht basiert teilweise auf den Prüfergebnissen der vorgehenden Eignungsprüfbericht zur Messeinrichtung SM 200 mit PM10-Vorabscheider, TÜV-Bericht Nr. 936/801013/A vom 29.01.2003 [10]. Diese wurden für die Erstellung des vorliegenden Berichtes entsprechend übernommen, gegebenenfalls angepasst und bei kompletter Übernahme farbig hervorgehoben. Alle relevanten Prüfpunkte, die eine erneute Prüfung der modifizierten Messeinrichtungen oder eine Ergänzung der Prüfungen aus [10] erforderlich machten, werden im Rahmen dieses Bericht aufgeführt.

Prüfumfang der Ergänzungsprüfung

Die ergänzenden Untersuchungen mit der modifizierten Messeinrichtung OPSIS SM 200 (Neu) wurden mit 2 baugleichen Messeinrichtungen in Schweden durchgeführt. Dies waren:

Gerät 1: Nr. SN 1110 (SM 200 (Neu))
Gerät 2: Nr. SN 1112 (SM 200 (Neu))

Des weiteren wurde im Rahmen der Untersuchungen in Schweden ein Exemplar der ursprünglichen Messeinrichtung OPSIS SM 200 parallel zu den 2 modifizierten Messeinrichtungen betrieben.

Gerät 3: Nr. SN 276 (Vorgängermodell SM 200 (Alt))

Folgende Prüfpunkte wurde im Rahmen der Felduntersuchungen in Schweden untersucht:

- Untersuchung der Vergleichbarkeit der Testgeräte (Neu vs. Neu als auch Neu vs. Alt)
- Untersuchung der Vergleichbarkeit des Testgerätes mit dem Referenzverfahren
- Ermittlung der Kalibrierfähigkeit, Aufstellung der Analysenfunktion
- Bestimmung der Reproduzierbarkeit (Neu vs. Neu als auch Neu vs. Alt)
- Ermittlung der zeitlichen Änderung des Nullpunktes und der Empfindlichkeit
- Untersuchung der Dichtheit des Probenahmesystems
- Ermittlung des Wartungsintervalls
- Bestimmung der Verfügbarkeit
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit der Testgeräte

Auf eine erneute umfangreiche Prüfung der Messeinrichtung im Labor wurde verzichtet, da auf Grund der vollständigen Übernahme des Konzepts und des prinzipiellen Aufbaus der Messeinrichtung und der Gleichheit in Art und Ausführung aller die Geräteperformance betreffenden, relevanten Bestandteile der Messeinrichtung (Mechanischer Bauteil, Pneumatischer Bauteil, Radiometrischer Bauteil), keine Abweichungen im Geräteverhalten gegenüber dem Vorgängermodell zu erwarten sind. Im Rahmen des Untersuchungsprogramms wurde untersucht, ob keine der ursprünglich vorhandenen Funktionen durch die Modifikation sich verschlechtert hat oder gar entfallen ist. Verbesserungen und / oder Ergänzungen bei Funktionen sind unter den jeweiligen Prüfpunkten zu finden.

Komplette Prüfpunkte wie auch übernommene Teilpunkte, die unverändert aus dem Bericht zum Vorgängermodell übernommen wurden, sind in diesem Bericht farbig hervorgehoben.

Die Messeinrichtung soll den Gehalt an PM10 Feinstaub in der Umgebungsluft im Konzentrationsbereich 0 bis 200 (1.000) µg/m³ bestimmen.

Die Ergänzungsprüfung war anhand der aktuellen Richtlinien zur Eignungsprüfung unter Berücksichtigung der neuesten Entwicklungen durchzuführen.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002, [1]
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004, [2]
- Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998, [3]

3 Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Das Prinzip der Massenbestimmung basiert auf dem physikalischen Gesetz der Abschwächung von Betastrahlen beim Durchgang durch eine dünne Schicht an Material.

Definiert man x_f als den Wert der Massendichte für den Filter und x_p als den Wert der Massendichte der gesammelten Partikel, dann gilt die folgende Beziehung

$$F_{collect} = F_{blank} * e^{-\frac{x_p}{K(x_f)}} \quad \text{bzw.} \quad x_p = K(x_f) \ln \frac{F_{blank}}{F_{collect}}$$

mit $K(x_f)$ = Massenabsorptionskoeffizient und F_{blank} und $F_{collect}$ als Betastrahlenfluss vor und nach der Probenahme der Partikel.

Mit dem Wert für die beaufschlagte Oberfläche S (=11,95 cm², ∅ = 3,9 cm), kann die Masse der Staubpartikel m_p, die auf dem Filter abgeschieden wurden, wie folgt berechnet werden:

$$m_p = S * x_p$$

Die Funktion $K(x_f)$ wurde vom Gerätehersteller ermittelt und in das Gerät einprogrammiert. Nach jedem Neustart des Gerätes (oder auch manuell auslösbar sowie regelmäßig als Autotest) erfolgt mittels zweier Referenzblenden mit verschiedenen Durchmessern, die in den Strahlengang zwischen Betaquelle und Geigerzähler eingebracht werden, eine Überprüfung der Stabilität der Anfangskalibrierung – das jeweilige Ergebnis des letzten „Beta-Tests“ kann zu jeder Zeit aufgerufen werden.

3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung

Folgende Beschreibung der internen Vorgänge im Messgerät OPSIS SM 200 (Modell: standard dust monitor) kann in ausführlichster Form auch dem in der Anlage beigefügten Bedienungshandbuch entnommen werden. Die Abbildung 1 zeigt das Schema eines Filterwechsels und aller dazu gehörigen Abläufe. Im Anschluss an die Abbildung werden die Inhalte der einzelnen Arbeitsschritte erläutert.

Um die korrekte Funktion der Messeinrichtung zu überprüfen und sicherzustellen, besitzt die Messeinrichtung verschiedene interne Tests zur Qualitätskontrolle:

- Überprüfung der Kalibrierung der Massenbestimmung durch Beta-Absorption,
- Überprüfung der Kalibrierung der Durchflussmessung,
- Überprüfung der Dichtigkeit des pneumatischen Geräteteils,
- Überprüfung der Konstanz der Durchflussrate,
- Überprüfung des Geigerzählers und der Druckumformer,
- Einsatz von optischen Sensoren zur Überprüfung der korrekten mechanischen Funktionsweise,
- Alarmmeldungen im Falle von auftretenden Problemen/Abweichungen beim Betrieb der Messeinrichtung.

Eine genaue Beschreibung der verschiedenen Testprozeduren und die Interpretation der Testergebnisse enthält das Kapitel 3 des Bedienungshandbuchs zur Messeinrichtung.

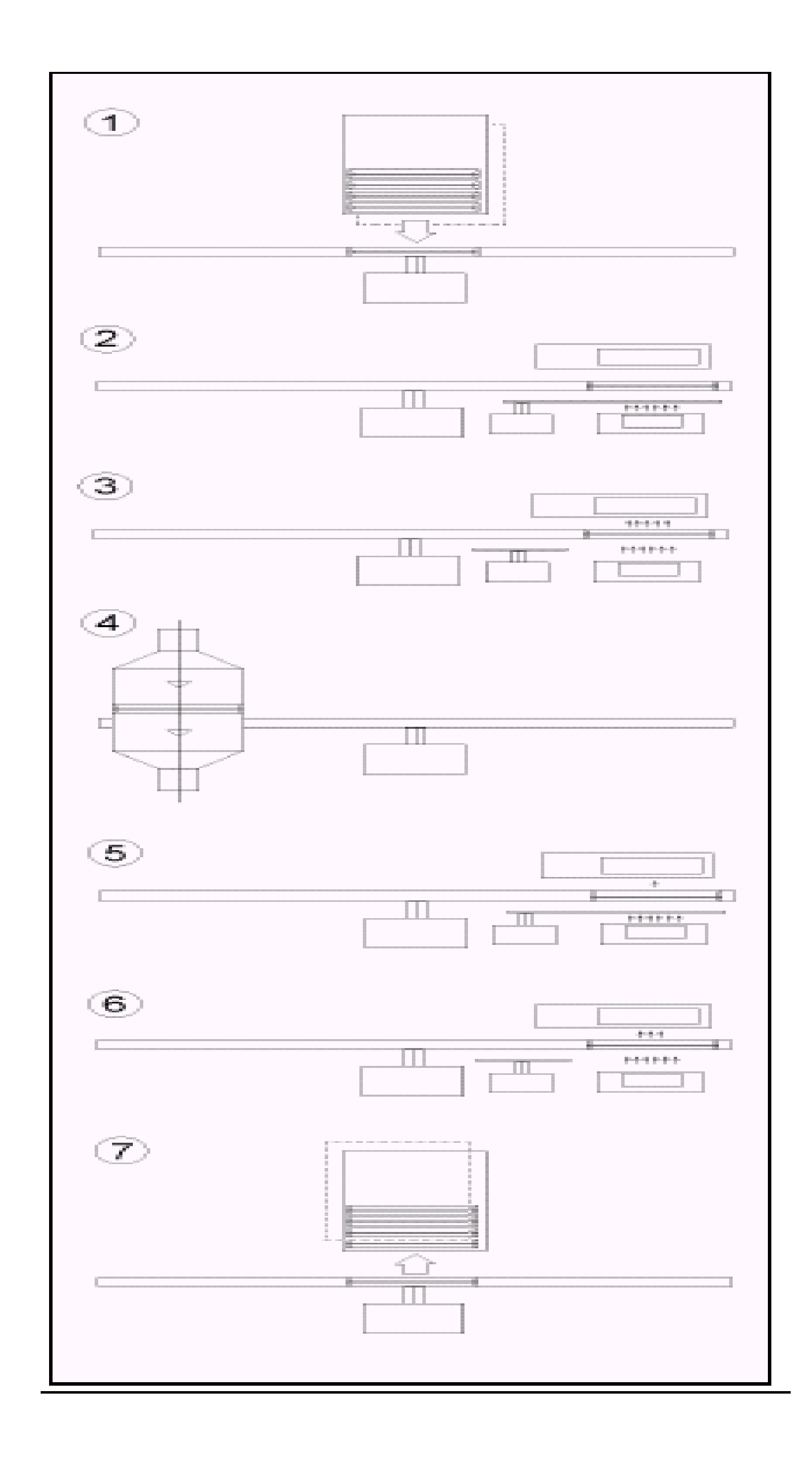


Abbildung 1: Beschreibung der Funktionsweise der Messeinrichtung anhand einer Darstellung des Weges eines Filters durch die Messeinrichtung

- Das neue Filter wird dem Filtercontainer für unbeaufschlagte Filter entnommen und auf das Karussell abgelegt.

  Das Karussell, eine rotierende Scheibe, transportiert die neuen Filter vom Container 1 auf die Probenahmeposition, anschließend zur Messposition und schließlich zur Entladestelle in den Container 2 mit den beaufschlagten Filtern. Im Betrieb sind 2 Filter gleichzeitig auf dem Karussell – einer in der Probenahmeposition und einer in der Messposition. Wird ein neuer Filter auf das Karussell geladen, erfolgt zeitgleich das Entladen des alten Filters.
- Die Hintergrundstrahlung des neuen Filters wird mit einem Geigerzähler gemessen, hierbei ist die Betastrahlenquelle durch einen Schirm abgedeckt (dark measurement).
- Der Schirm wird zur Seite gefahren, und der Betastrahler erreicht den Geigerzähler – es erfolgt die Ausmessung des neuen Filters vor der Probenahme (blank measurement).
- Das Karussell befördert den Filter zur Probenahmeposition, die Probenahmekammer umschließt das Filter. Der Filter über die Probenahmezeit in dieser Position.
- Das staubbeladene Filter wird zum Geigerzähler zurücktransportiert. Der Betastrahler wird durch den Schirm abgedeckt und die natürliche Strahlung des Staubes wird gemessen (natural measurement).
- Der Schirm wird zur Seite gefahren und die Betastrahlen dringen wieder durch den Filter. Der Geigerzähler registriert die Betastrahlen, die nicht vom Filter und dem Staub absorbiert werden (collect measurement).
- Nach Beendigung der Geigerzählermessung wird der beaufschlagte Filter zur Entladeposition gebracht und in den Filtercontainer für beaufschlagte Filter abgelegt.
- Die vier Messungen mit dem Geigerzähler (Punkt 2,3,5,6) ermöglichen die Berechnung der Masse der Staubschicht auf dem Filter. Mit dem durchgesaugten Volumen errechnet sich die Staubkonzentration.

3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Das Schwebstaubimmissionsmessgerät OPSIS SM 200 (Neu) ermöglicht die Probenahme von Schwebstaub auf Membranfiltern, mit der Option weitergehende qualitative und quantitative Untersuchungen der gesammelten Probe nachträglich durchzuführen. Darüber hinaus wird die während der Probenahme auf dem Membranfilter abgeschiedene Partikelmasse durch Beta-Absorption im Gerät bestimmt und mit dem durchgesetzten Volumen die Schwebstaubkonzentration in µg/m³ berechnet.

Die Messeinrichtung besteht aus dem Probenahmekopf und dem Ansaugrohr, der Pumpeneinheit, der Probenahme- und Messeinheit sowie den Filtercontainern zur Bevorratung der unbeaufschlagten und der beaufschlagten Filter. Die Filtercontainer bieten Platz für 40 Filter.

Als Probenahmekopf wird ein PM10 Probeneinlass, der als Vorabscheider für den aus der Außenluft angesaugten Schwebstaub fungiert, eingesetzt. Dabei werden die Geräte mit einem konstanten, geregelten Volumenstrom von 16,67 l/min = 1,0 m³/h betrieben. Alternativ ist auch ein Einsatz von TSP, PM2,5 sowie PM1 Probeeinlässen möglich.

Das Ansaugrohr bildet die Verbindung zwischen dem Probenahmekopf und der Probenahme- und Messeinheit. Um Kondensation im Innern des Rohres beim Durchgang des Ansaugrohres durch das Messcontainerdach zu vermeiden, sowie Verluste an flüchtigen Staubbestandteilen durch Temperaturschwankungen auf dem Weg zur Probenahme- und Messein-

heit zu verhindern, wurde um das Ansaugrohr eine mit Außenluft gespülte Durchführung durch das Dach installiert. Damit wird sichergestellt, dass die angesaugte Luft im Ansaugrohr ihre ursprüngliche Temperatur bis zum Filter behält.

Die Pumpeneinheit, siehe auch Abbildung 2, ist über zwei Schläuche (Ein- und Ausgang) mit der Probenahme- und Messeinheit (Abbildung 3) verbunden. Die Probenahme- und Messeinheit steuert die Pumpe und beinhaltet auch das mechanische System zur Bewegung der Filter im Gerät, große Teile des pneumatischen Systems, die Messeinrichtung und alle notwendigen elektronischen Einrichtungen und Mikroprozessoren zur Steuerung und Kontrolle des Messeinrichtung.

Die Bedienung des Messgerätes erfolgt über eine Folientastatur an der Frontseite des Gerätes (Abbildung 4). Dort werden alle erforderlichen Parameter, z. B. Probenahmezeit, durchgesetztes Volumen u. a., eingestellt. Es können zudem Funktionen zur Qualitätskontrolle aktiviert werden.



Abbildung 2: Pumpeneinheit



Abbildung 3: Probenahme- und Messeinheit



Abbildung 4: Ansicht Frontseite OPSIS SM 200 (Neu)

Die aktuellen Daten einer laufenden Probenahme und die gespeicherten Daten der abgeschlossenen Probenahmen und Messungen sowie zahlreiche weitere Parameter zur Qualitätssicherung können jederzeit über das Display abgerufen werden. Die Probenahme wird dadurch nicht beeinflusst. Der interne Speicher kann mittels der RS232-Schnittstelle am Gerät von einem externen Rechner ausgelesen werden oder über ein Modem fern abgefragt werden. Eine Fernsteuerung des Gerätes ist über diesen Weg ebenfalls möglich.

Zur Kontrolle des Luftvolumenstromes befinden sich Druck- und Temperatursensoren im Innern und an der Außenseite des Gerätes. Dabei wird die Durchflussrate aus dem Druckverlust an einer eingebauten Blende, dem Absolutdruck und der Messkammertemperatur ermittelt. Der aktuelle Durchfluss wird ständig mit dem vorgegebenen Sollwert verglichen und durch ein Regelventil werden Abweichungen, bedingt durch schwankende Außentemperaturen und Luftdruck und durch die Filterbeladung, entsprechend korrigiert. Während der Prüfung war der ausgegebene Wert für das angesaugte Luftvolumen über die Probenahmezeit auf Normbedingungen (273 K, 101,3 kPa) bezogen. Andere Einstellungen sind möglich.

Eine detaillierte Beschreibung der geräteinternen Vorgänge erfolgt in Kapitel 3.1.

Der Filterwechsel erfolgt vollautomatisch. Zur Bevorratung der unbeaufschlagten sowie der beaufschlagten Filter, ist die Probenahme- und Messeinheit mit zwei Filtercontainern ausgestattet. Die Filtercontainer bieten Platz für bis zu 40 Filter, wobei die einzelnen Filter in speziellen Filterhaltern befestigt sind. Bei der üblichen Probenahmezeit von 24 h können die Geräte somit 40 Tage laufen, ohne dass ein manueller Filterwechsel vorgenommen werden muss. Eingesetzt werden Teflonfilter mit einem Durchmesser von 47 mm (RZPJ047 bzw. R2PJ047, Pall Gelman Laboratories).

Die Abbildung 5 zeigt eine Gesamtübersicht über den Aufbau der Messeinrichtung und Tabelle 3 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Schwebstaubimmissionsmessgerätes OPSIS SM 200 (Neu und Alt).



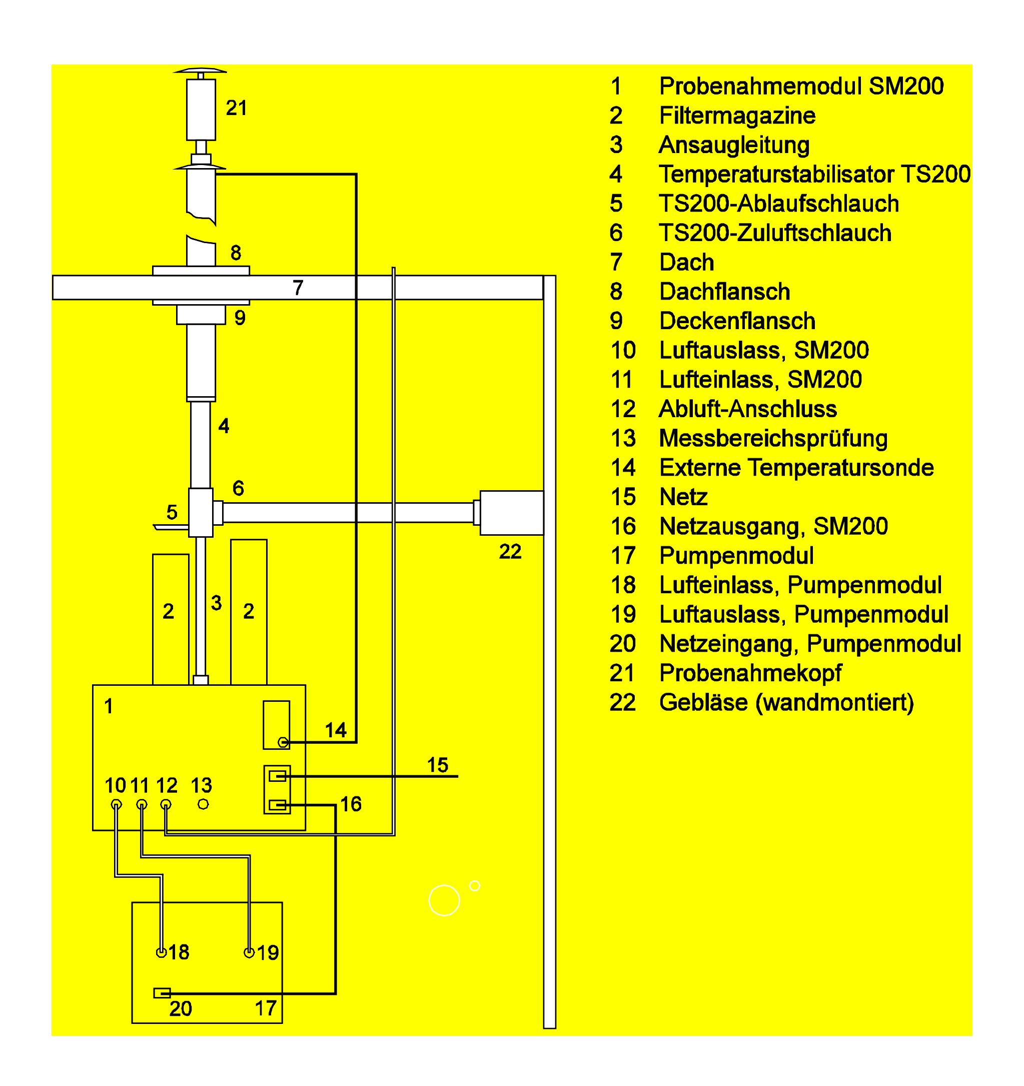


Abbildung 5: Aufbau OPSIS SM 200 (Neu)

Tabelle 3: Gerätetechnische Daten OPSIS SM 200 (Herstellerangaben) – Vergleich Alt-Neu

Abmessungen / Gewicht	OPSIS SM 200 (Alt)	OPSIS SM 200 (Neu)
Probenahme- und Messeinheit	430 x 600 x 260 mm / 45 kg	440 x 630 x 300 mm / 42 kg
Pumpeneinheit	320 x 220 x 300 mm / 20 kg	310 x 280 x 250 mm / 20 kg
Ansaugrohr	1,5 m	1,5 m
Probenahmekopf	je nach Hersteller	je nach Hersteller
Energieversorgung	230 V (± 10 %), 50/60 Hz	230 V (+6 %, - 10 %), 50/60 Hz
Leistungsaufnahme	800 W	800 W
Umgebungsbedingungen		
Temperatur	+5 - +40 °C	+5 - +40 °C
Feuchte	max. 80 % relative Feuchte	max. 80 % relative Feuchte
Probenflussrate	8 – 25 l/min, nominal 16,67 l/min = 1 m³/h	8 – 25 l/min, nominal 16,67 l/min = 1 m³/h
Strahler		
Typ	^{14}C Polymethyl Methaacrylat	^{14}C Polymethyl Methaacrylat
Zerfallsart	Betastrahlung	Betastrahlung
Aktivität spezifische Aktivität:	13,4 MBq, 361 µ Ci 55,5 MBq/g	9,9 MBq, 267 µ Ci 55,5 MBq/g
Massenbestimmung		
Messbereich (lt. Bedienungshandbuch)	0 – 60 mg	0 – 60 mg
Probenahmezeit (Zykluszeit)	8 h – 100 Tage	6 h – 100 Tage
Zeitbedarf β-Messung	120 min	120 min
Speicherkapazität Daten	400 Datensätze	> 100 Datensätze
Gespeicherte Daten pro Messung	24 verschiedene Parameter (aufgeführt im Bedienungshandbuch Seite A1)	45 verschiedene Parameter (aufgeführt im Bedienungshandbuch Seite A1)
Analogausgang	0 – 10 V (0-1000 µg/m³)	0 – 10 V oder 0 – 20 mA (Konzentrationsbereich frei einstellbar)

	OPSIS SM 200 (Alt)	OPSIS SM 200 (Neu)
Digitalausgang	RS 232 – Schnittstelle zur Datenübertragung und Fernsteuerung	3 x RS 232 – Schnittstellen zur Datenübertragung und Fernsteuerung
Statussignale	26 Statussignale (aufgeführt im Bedienungshandbuch Seite A2 ff)	Informationen im Messmodus (siehe Bedienungshandbuch Seite A1) oder im Servicemenü/Analogsensoren verfügbar

3.4 Vergleich OPSIS SM 200 (Neu) mit OPSIS SM 200 (Alt)

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurden die beiden Geräteversionen eingehend auf eventuell vorhandene Unterschiede sowie etwaige Änderungen der Version OPSIS SM 200 (Neu) gegenüber dem Vorgängermodell geprüft.

Es wurde dabei festgestellt, dass die vorgenommenen Modifikationen keinerlei Änderungen im prinzipiellen Aufbau der Messeinrichtung inklusive der relevanten Systembestandteile bewirken. Hauptunterschiede liegen im veränderten Außendesign, der Neustruktur des Elektronikteils, dem Einsatz von zuverlässigeren oder genaueren Teilkomponenten (z. B. Analogsensoren) sowie der Bereitstellung von zusätzlichen Informationen und Features. Es gehen keinerlei relevante Funktionen des Vorgängermodells verloren.

Nachfolgende Tabelle 4 zeigt einen Vergleich in tabellarischer Form zwischen OPSIS SM 200 (Neu) und OPSIS SM 200 (Alt).

Tabelle 4: OPSIS SM 200 (Neu) vs. OPSIS SM 200 (Alt)

	Bewertungspunkt	**OPSIS SM 200 (Neu) im Vergleich zu OPSIS SM 200 (Alt)**
Bauausführung / Design	Probenahme- und Messmodul	Neues Außendesign
	Pumpenmodul	Identisch
	Filtercontainer	Identisch, zusätzliche Ummantelung aus Plexiglas
	Filterhalter	Identisch
	Ansaugrohr	Identisch
	Probenahmekopf	Identisch
	Methode zur Vermeidung von Kondensation im Ansaugrohr	Temperaturstabilisator TS200 identisch Option C

Pneumatischer Bauteil	Funktionsweise	Identisch
	Allgemeine Bauausführung	Identisch
	Einlassbereich Probenahme- und Messmodul	Identisch
	Filterkammer	Identisch
	Ventile/Düsen/Blenden im Pneumatiksystem	Identisch
	Durchflussregulierung (Nadelventil)	Identisch
	Messkammer Durchfluss	Identisch
	Pumpenmodul	Identisch, zusätzlich separater Ein/Aus-Schalter
	Dichtheits-/Messbereichsprüfung	Identisch
	Drucksensoren	Identisch
	Sensoren Umgebungsdruck/-temperatur	Identisch
	QA/QC Prozeduren	Identisch

Mechanischer Bauteil	Funktionsweise	Identisch
	Allgemeine Bauausführung	Identisch
	Lademechanismus	Identisch + 1 zusätzlicher Sensor
	Beschickung Karussell	Identisch
	Karussell	Identisch + 4 Sensoren zur Positions-überwachung
	Ver/Entriegelung Karussell	Identisch
	Filterrad	Identisch
	Verschlussmechanismus Mess-kammer	Neuer Schrittmotor
	Entlademechanismus	Neuer Schrittmotor

Radiometrischer Bauteil	Funktionsweise	Identisch
	Allgemeine Bauausführung	Identisch
	Geigerzähler	Identisch
	Elektronik	Identisch
	Betastrahlenquelle	Gleicher Typ / gleiche spezifi-sche Aktivität
	Abschirmblende	Identisch
	Temperatur in Messkammer = 40 °C	Identisch
	Beta Test	Identisch, kann jetzt auch re-gelmäßig als Autotest durchge-führt werden.
	QA/QC Prozeduren	Identisch

Elektronik	Funktionsweise	Identisch
	Ventilator	Identisch
	Hauptkarten	Neues Design, gleiche Funktionen, zusätzlich 220 oder 110 V möglich und genauere Kontrolle der Innentemperatur des Gerätes
	Hochspannungsteil	Akkuratere Stabilisierung
	Analogausgang	0-10 V oder 0-20 mA - µg/m³ frei wählbar
	Hauptplatine	Identische Funktionen
	Tastatur / Display	Vollkommen neu gestaltet
	RS 232	3 anstatt 1
	Menüstruktur	Vollkommen neu gestaltet
	Im Speicher bereitgestellte Messwerte	Identisch + zusätzliche Information
	Statusmeldungen	Identisch
	Zusätzliche Features (Auszug):	• Direkte Möglichkeit für Pneumatik / Betakalibrierung (im versteckten Servicemenü), keine Extrasoftware (long) notwendig • Autotest Beta auf regelmäßiger Basis möglich • Korrektur Messwerte Norm oder Betrieb • Direkte manuelle Steuerung/Überprüfung verschiedener Geräteteile vom Gerät aus möglich
Wartung	Wie in Handbuch beschrieben	Identisch

4 Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die ursprüngliche Eignungsprüfung gemäß [10] erfolgte an zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN 285 und SN 288. Auf den Geräten war über die Dauer der gesamten Prüfung die Softwareversion MN009n installiert.

Gemäß BMI-Richtlinie Nr. 1.1.2 wurde der Hersteller zu Beginn der Prüfung darauf aufmerksam gemacht, dass er alle Änderungen am geprüften Typ dem Prüfinstitut mitzuteilen hat.

Dem Labortest zur Feststellung der Verfahrenskenngrößen folgte ein mehrmonatiger Feldtest an verschiedenen Feldteststandorten

Alle ermittelten Konzentrationen werden in µg/m³ (273 K, 101,3 kPa) angegeben.

Im Zeitraum der Prüfungen wurden keine baulichen Veränderungen an den Testgeräten vorgenommen.

Im folgenden Bericht zur Ergänzungsprüfung wird in der Überschrift zu jedem Prüfpunkt die Mindestanforderung gemäß den berücksichtigten Richtlinien [1,2,3] mit Nummer und Wortlaut angeführt.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurde ein zusätzlicher Feldtest am Standort „Furulund“ durchgeführt.

Auf eine erneute umfangreiche Prüfung der Messeinrichtung im Labor wurde verzichtet, da auf Grund der vollständigen Übernahme des Konzepts und des prinzipiellen Aufbaus der Messeinrichtung und der Gleichheit in Art und Ausführung aller die Geräteperformance betreffenden, relevanten Bestandteile der Messeinrichtung (Mechanischer Bauteil, Pneumatischer Bauteil, Radiometrischer Bauteil), keine Abweichungen im Geräteverhalten gegenüber dem Vorgängermodell zu erwarten sind. Im Rahmen des Untersuchungsprogramms wurde untersucht, ob keine der ursprünglich vorhandenen Funktionen durch die Modifikation sich verschlechtert hat oder gar entfallen ist. Verbesserungen und / oder Ergänzungen bei Funktionen sind unter den jeweiligen Prüfpunkten zu finden.

Komplette Prüfpunkte wie auch übernommene Teilpunkte, die unverändert aus dem Bericht zum Vorgängermodell übernommen wurden, sind in diesem Bericht farbig hervorgehoben

4.2 Laborprüfung

Die Laborprüfung wurde mit zwei identischen Geräten des Typs OPSIS SM 200 (Alt) mit den Gerätenummern SN 285 und SN 288 durchgeführt. Nach den Richtlinien [1,2,3] ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

- Beschreibung der Gerätefunktionen
- Ermittlung der Nachweisgrenze
- Ermittlung der Abhängigkeit des Nullpunktes / der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur
- Ermittlung der Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Netzspannung
- Ermittlung der Abhängigkeit des Nullpunktes von der im Messgut enthaltenen Luftfeuchte

Folgende Geräte kamen für den Labortest zur Ermittlung der Verfahrenskenngrößen zum Einsatz:

- Klimakammer (Temperaturbereich von –20 °C bis +50 °C, Genauigkeit besser als 1 °C)
- Vorrichtung zur Simulation von schwebstaubfreier Luft, bestehend aus einer geschlossenen Abdeckung des Probenahmekopfes und Zuleitung von schwebstaubfreier Druckluft
- Wasserdampfgenerator Hovacal
- Trennstelltrafo
- Generator zur Variation der Netzfrequenz
- Filter siehe Kapitel 4.3
- Waage siehe Kapitel 4.3
- Referenzfolien + Eprom (Long-Software, Version 1_8) (OPSIS)

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 zusammengestellt.

4.3 Feldtest

Der Feldtest wurde mit 2 baugleichen Messeinrichtungen durchgeführt. Dies waren:

Gerät 1: Nr. SN 285 (SM 200 (Alt))

Gerät 2: Nr. SN 288 (SM 200 (Alt))

Es ergab sich folgendes Prüfprogramm im Feldtest:

- Untersuchung der Vergleichbarkeit der Testgeräte
- Untersuchung der Vergleichbarkeit des Testgerätes mit dem Referenzverfahren
- Untersuchung der Konstanz des Probenahmevolumenstroms
- Ermittlung der Kalibrierfähigkeit, Aufstellung der Analysenfunktion
- Überprüfung der Linearität
- Bestimmung der Tot- und Einstellzeit
- Bestimmung der Reproduzierbarkeit
- Ermittlung der zeitlichen Änderung des Nullpunktes und der Empfindlichkeit
- Untersuchung der Dichtheit des Probenahmesystems
- Ermittlung des Wartungsintervalls
- Bestimmung der Verfügbarkeit
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit der Testgeräte.

Die ergänzenden Untersuchungen mit der modifizierten Messeinrichtung OPSIS SM 200 (Neu) wurden mit 2 baugleichen Messeinrichtungen in Schweden durchgeführt. Dies waren:

Gerät 1: Nr. SN 1110 (SM 200 (Neu), Software-Vers. 1.03)

Gerät 2: Nr. SN 1112 (SM 200 (Neu), Software-Vers. 1.03)

Des weiteren wurde im Rahmen der Untersuchungen in Schweden ein Exemplar der ursprünglichen Messeinrichtung OPSIS SM 200 (Alt) parallel zu den 2 modifizierten Messeinrichtungen betrieben.

Gerät 3: Nr. SN 276 (Vorgängermodell SM 200 (Alt)),
Software-Vers. MN009n

Folgende Prüfpunkte wurde im Rahmen der Ergänzungsprüfung in Felduntersuchungen in Schweden erneut untersucht:

- Untersuchung der Vergleichbarkeit der Testgeräte (Neu vs. Neu als auch Neu vs. Alt)
- Untersuchung der Vergleichbarkeit des Testgerätes mit dem Referenzverfahren
- Ermittlung der Kalibrierfähigkeit, Aufstellung der Analysenfunktion
- Bestimmung der Reproduzierbarkeit (Neu vs. Neu als auch Neu vs. Alt)
- Ermittlung der zeitlichen Änderung des Nullpunktes und der Empfindlichkeit
- Untersuchung der Dichtheit des Probenahmesystems
- Ermittlung des Wartungsintervalls
- Bestimmung der Verfügbarkeit
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit der Testgeräte

Für den ursprünglichen Feldtest wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Messcontainer der TÜV Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, klimatisiert auf ca. 20 °C
- Wetterstation (CONRAD ELECTRONIC, Wetterstation PC-Variante) zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge
- 2 Referenzmessgeräte gemäß Punkt 5
- 2 Klassiergeräte gemäß Punkt 5
- Ganzmetall-Klein-Durchflussmesser DK 37 E (Hersteller: Fa. Krohne)
- Messgerät zur Erfassung der Leistungsaufnahme
- Referenzfolien + Eprom (Long-Software, Version 1_8) (OPSIS)
- Vorrichtung Durchführung des Ansaugrohres durch das Containerdach, durchspült mit Außenluft, um Schwankungen der Temperatur des Messgutes auf dem Weg zum Filter zu verhindern, bestehend aus einer Rohrkonstruktion mit Ventilator (Hersteller: OPSIS)

Für den Feldtest im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Messhaus, klimatisiert auf ca. 20-25 °C
- Wetterstation (CONRAD ELECTRONIC, Wetterstation PC-Variante) zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge
- 1 Referenzmessgerät gemäß Punkt 5
- Referenzfolien (Software für Folientest ist im Gerät implementiert)
- Vorrichtung Durchführung des Ansaugrohres durch das Containerdach, durchspült mit Außenluft, um Schwankungen der Temperatur des Messgutes auf dem Weg zum Filter zu verhindern, bestehend aus einer Rohrkonstruktion mit Ventilator (Temperature stabiliser TS200, Hersteller: OPSIS)



Im ursprünglichen Feldtest liefen jeweils für 24h zeitgleich zwei OPSIS SM 200 – Systeme, ein Referenz- und ein Klassiergerät. Die Referenz- und Klassiergeräte arbeiten diskontinuierlich, d. h. nach erfolgter Probenahme muss das Filter manuell gewechselt werden. Aus diesem Grund wurden 2 Referenz- und 2 Klassiergeräte eingesetzt. Damit war ein zeitgenauer, alternierender Wechsel nach 24 h möglich, ohne dass dabei das Bedienpersonal zu exakt diesem Zeitpunkt vor Ort sein musste.

In der Ergänzungsprüfung liefen jeweils für 24 h zeitgleich drei OPSIS SM 200-Systeme (2 x Neu, 1 x Alt) sowie ein Referenzgerät. Auf den Einsatz eines Klassiergerätes wurde im Rahmen der zusätzlichen Untersuchung verzichtet.

Folgende Parameter wurden bei den Geräten eingestellt:

Tabelle 5: Eingestellte Probenahmeparameter für die verwendeten Messeinrichtungen

Messgerät	Parameter	eingestellter Wert
OPSIS SM 200	Probenahmezeit	24 h
	Durchfluss	16,7 l/min = 1 m³/h
	Minimaler akzeptierter Druckverlust über Filter *)	0 kPa
	Minimaler akzeptierter Durchfluss	14,7 l/min (2 l/min < Sollwert)
	Test des pneum. Systems (QS)**)	Alle 2 Tage
Low Volume Sampler LVS3	Probenahmezeit	24h
	Durchfluss	2,3 m³/h
GS 050	Probenahmezeit	24 h

*) Grenzwert des Druckabfalls am Filter, bei dessen Unterschreitung eine Alarmmeldung erfolgt. Ein spürbarer Druckabfall am Filter ist auf Grund des Strömungswiderstandes des Filters normal. Das Verschwinden dieses Druckabfalls deutet auf eine Störung, z.B. einen Filterriss hin. In der Praxis empfiehlt es sich, den Alarmgrenzwert auf ca. 5 kPa unter den normalen Druckabfall beim verwendeten Filtermaterial zu setzen. Im Rahmen der Felduntersuchungen war diese Funktion jedoch deaktiviert (Einstellung 0 kPa), da durch die häufigen Besuche an den Feldteststandorten eine Kontrolle gewährleistet war.

**) Der Test des pneumatischen Systems ist Bestandteil der geräteinternen Qualitätssicherung. Der Durchfluss wird über den Druckverlust an einer Blende überwacht und über ein Nadelventil reguliert. Der Druckverlust hängt über einen bestimmten Faktor mit dem Durchfluss zusammen. Dieser Faktor wurde bei der Herstellung im Gerät gespeichert. Der Vergleich des aktuellen Faktors mit dem gespeicherten ergibt eine Abweichung, die in Prozent angegeben wird und möglichst Null sein sollte. Zudem erfolgt eine interne Überprüfung der Dichtigkeit des Systems.

Die Impaktionsplatten der PM10 Probenahmeköpfe wurden ca. alle 2 bzw. 4 Wochen gereinigt und mit Silikonfett eingefettet, um eine sichere Trennung und Abscheidung der Partikel zu gewährleisten.

Bei den Referenzgeräten und Klassiergeräten wurde der Durchfluss vor und nach dem Feldtest, sowie vor und nach jedem Standortwechsel, mit einem Balgengaszähler, der über eine Schlauchleitung an der Lufteintrittsöffnung des Gerätes angeschlossen ist, überprüft.

Messstandorte und Messgerätestandorte

Die Messgeräte wurden im Feldtest [10] so installiert, das nur die Probenahmeköpfe außerhalb des Messcontainers über dessen Dach eingerichtet sind. Die Zentraleinheiten der beiden Testgeräte und die der Referenz- und Klassiergeräte waren im Innern des klimatisierten Messcontainers untergebracht. Die Verbindung der Zentraleinheiten mit den Probenahmeköpfen geschah bei den OPSIS SM 200-Systemen über das Ansaugrohr und bei den Referenz- und Klassiergeräten über Schlauchverbindungen.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung waren die OPSIS-Geräte analog zum ersten Feldtest [10] in einem Gebäude in Furulund installiert. Lediglich das Referenzgerät wurde komplett im Freien auf dem Dach installiert.

Da prinzipiell die Gefahr von Kondensation im Innern des Ansaugrohres der SM 200 besteht, vor allem bei hohen Luftfeuchten und Umgebungstemperaturen höher als die Temperatur am Aufstellungsort der Geräte, existieren verschiedene Ansätze zur Vermeidung von Kondensation und Minimierung von Verlusten an flüchtigen Partikeln. Diese sind in der folgenden Abbildung 6 gemäß dem Bedienungshandbuch Punkt 2.3 aufgeführt. Im Rahmen der Prüfung wurde das Ansaugrohr zusätzlich mit Umgebungsluft umspült (Option C, entspricht Temperature stabiliser TS200, Hersteller: OPSIS). Die entsprechende Vorrichtung wurde von der Firma OPSIS gestellt.

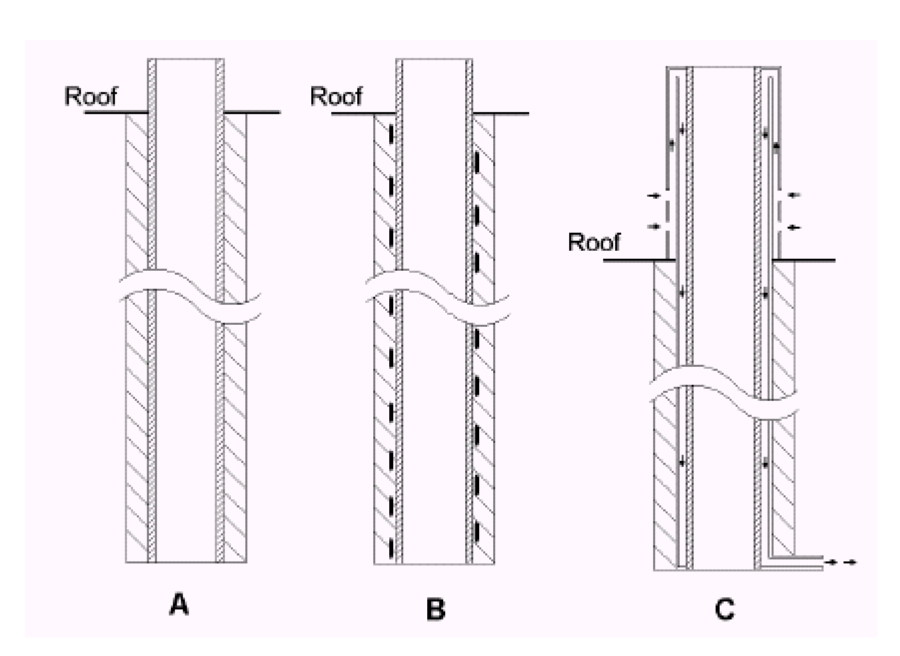


Abbildung 6: Verschiedene Methoden zur Vermeidung von Kondensation im Innern des Ansaugrohres



Der Feldtest wurde an folgenden Messstandorten durchgeführt:

Tabelle 6: Feldteststandorte

Nr.	Messstandort	Zeitraum	Charakterisierung
1	Parkplatzgelände, Köln	12/2000 –02/2001	Städtischer Hintergrund
2	Wesseling	04/2002 – 07/2002	Industriegebiet
3	Mechernich / Eifel	07/2002 – 11/2002	Ländliche Struktur
4	Brühl	11/2002 – 01/2003	Kieswerk
5	Furulund	12/2004 – 04/2005	Ländliche Struktur

Abbildung 7 bis Abbildung 10 zeigen den Verlauf der PM – Konzentrationen an den Feldtest-standorten, die mit den Referenzmesseinrichtungen aufgenommen wurden.

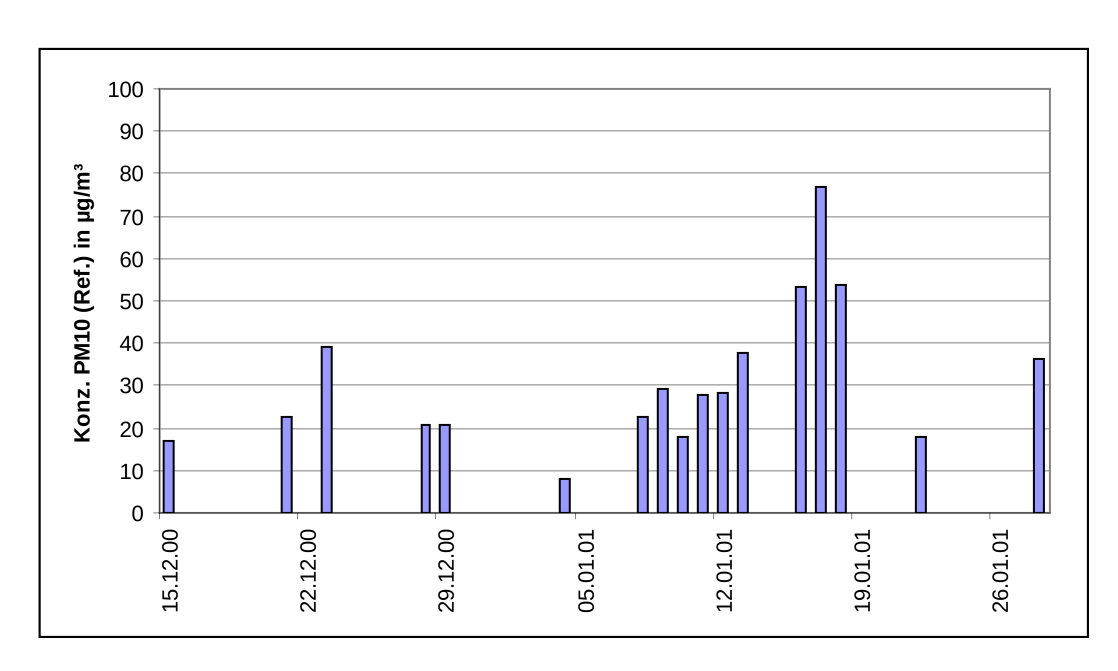


Abbildung 7: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Parkplatzgelände Köln“

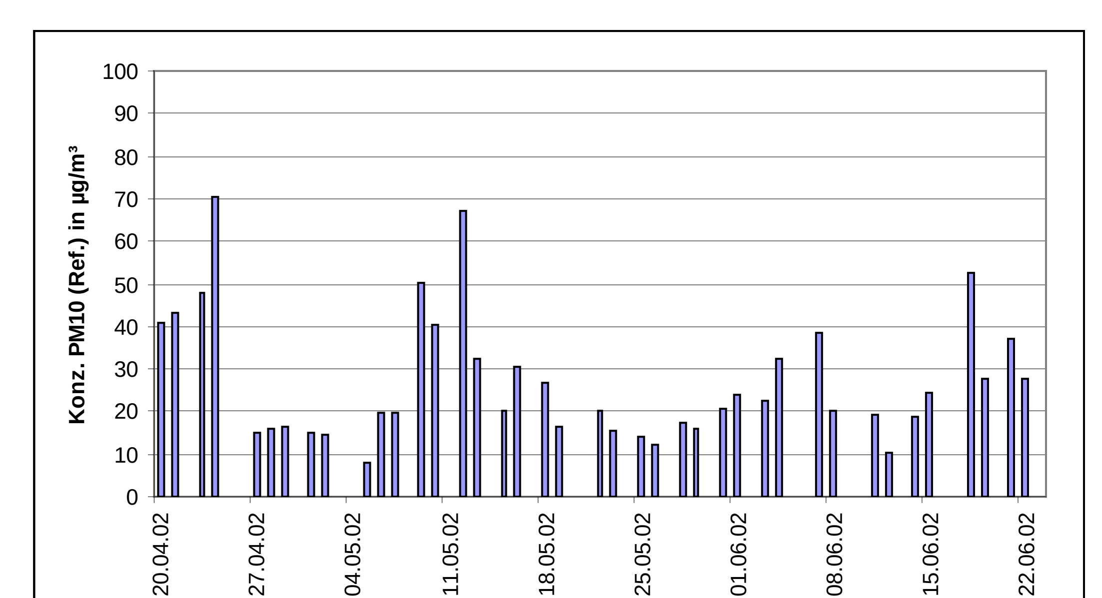


Abbildung 8: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Wesseling“

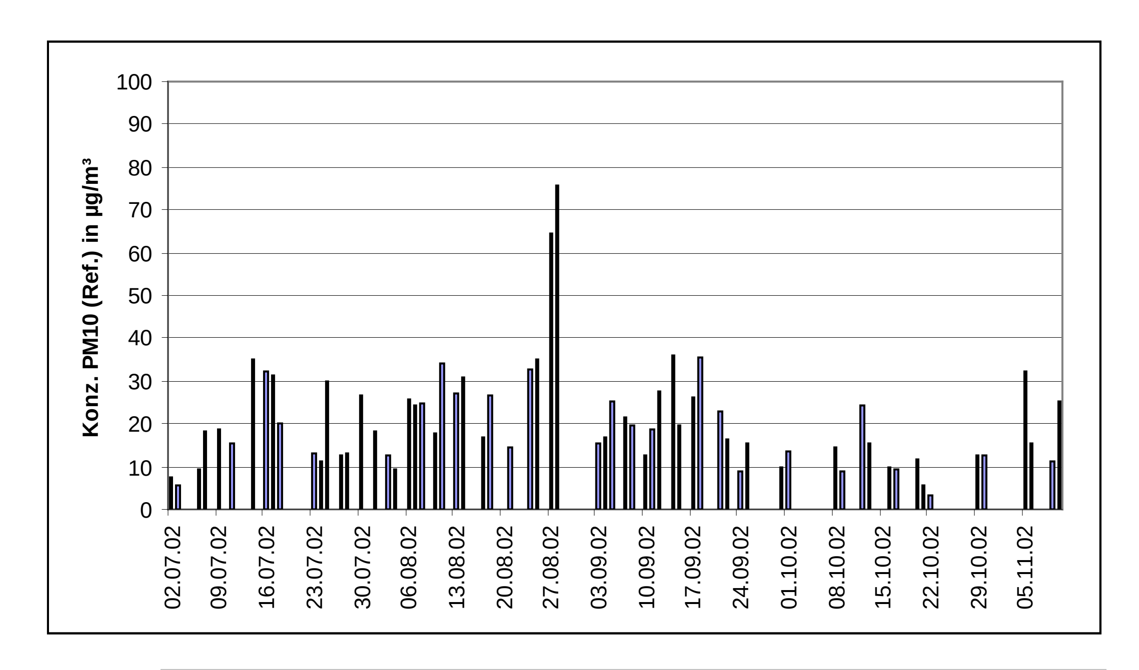


Abbildung 9: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Mechernich“

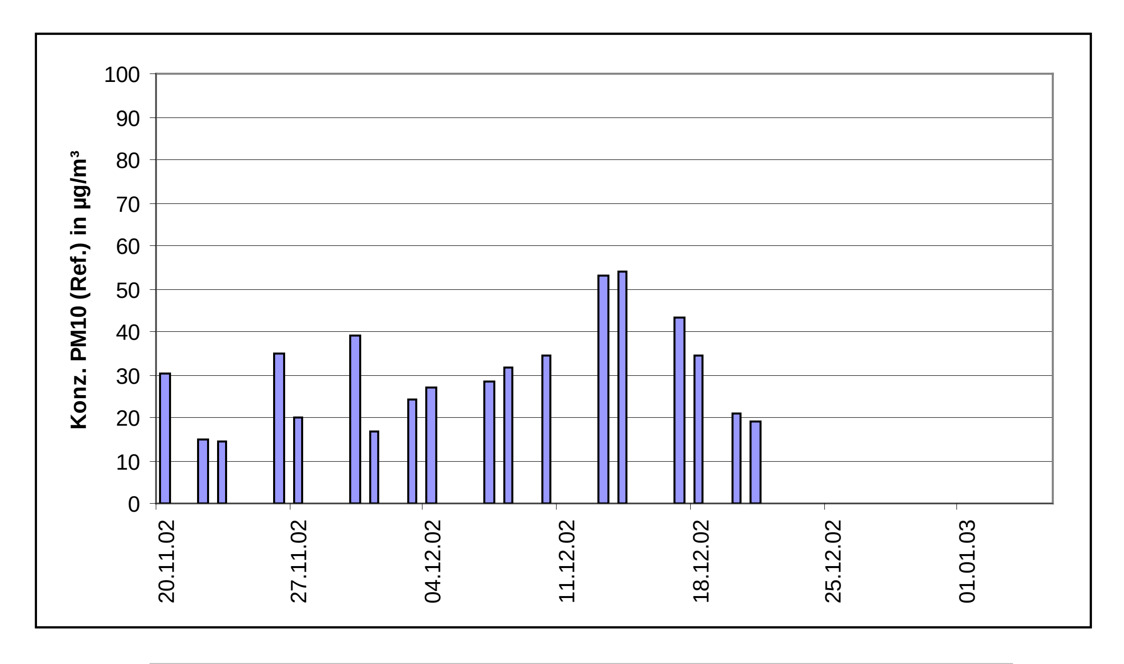


Abbildung 10: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Brühl“

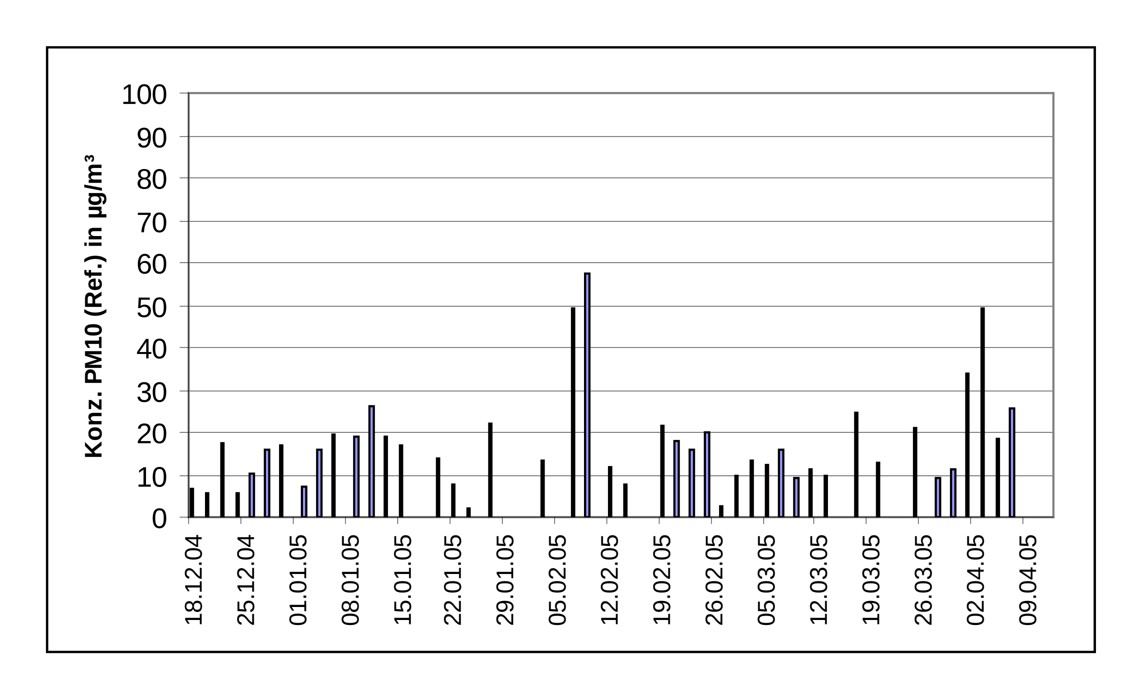


Abbildung 11: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Furulund“

Die folgenden Abbildungen zeigen den Messcontainer an den Feldteststandorten Wesseling, Mechernich, Brühl sowie den Aufbau am Standort Furulund..



Abbildung 12: Feldteststandort Wesseling



Abbildung 13: Feldteststandort Mechernich



Abbildung 14: Feldteststandort Brühl



Abbildung 15: Feldteststandort Furulund

Neben den Messgeräten zur Bestimmung der Schwebstaubimmissionen war eine Erfassungsanlage für meteorologische Kenndaten am Container angebracht. Es erfolgte eine kontinuierliche Erfassung von Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie Niederschlagsmenge. Es wurden 10-min-Mittelwerte gespeichert.

Der Aufbau des Containers selbst, sowie die Anordnung der Probenahmesonden, wurde durch die folgenden Abmessungen charakterisiert:

- Höhe Containerdach: 2,7 m
- Höhe der Probenahme für Test-/ Referenz-/ 1,0 / 0,8 / 0,7 m über Containerdach
- Klassiergeräte 3,7 / 3,5 / 3,4 m über Grund
- Höhe der Windfahne: 4,2 m über Grund

Die Höhe der Probenahme der beiden Testgeräte war baulich durch die Länge des Ansaugrohres begrenzt – die Höhen der Referenz- und Klassiergeräte wurden entsprechend angepasst.

- Entfernung zwischen den Testgeräten: 0,7 m
- Entfernung Testgerät 1 – Referenzgerät 1 1,0 m
- Entfernung Testgerät 1 – Referenzgerät 2 1,6 m
- Entfernung Testgerät 2 – Referenzgerät 1 1,6 m
- Entfernung Testgerät 2 – Referenzgerät 2 1,0 m
- Entfernung Testgerät 1 – Klassiergerät 1 1,7 m
- Entfernung Testgerät 1 – Klassiergerät 2 2,2 m
- Entfernung Testgerät 2 – Klassiergerät 1 2,2 m
- Entfernung Testgerät 2 – Klassiergerät 2 1,7 m

Im Rahmen der ergänzenden Untersuchungen war die Anordnung der Probenahmesonden durch die folgenden Abmessungen charakterisiert:

- Höhe Dach: ca. 2,5 m
- Höhe der Probenahme für Test-/ Referenzgeräte ca. 1,5 / 1,5 m über Dach
- ca. 4,0 / 4,0 m über Grund
- Höhe der Windfahne: ca. 4,0 m über Grund

Die Höhe der Probenahme der beiden Testgeräte war baulich durch die Länge des Ansaugrohres begrenzt – die Höhe des Referenzgerätes wurde entsprechend angepasst.

- Entfernung Testgerät 1110 - 1112: ca. 2,0 m
- Entfernung Testgerät 1110 – 276: ca. 4,0 m
- Entfernung Testgerät 1112 – 276: ca. 2,0 m
- Entfernung Testgerät 1110 – Referenzgerät ca. 1,5 m
- Entfernung Testgerät 1112 – Referenzgerät ca. 1,5 m
- Entfernung Testgerät 276– Referenzgerät ca. 3,2 m

Die nachfolgende Tabelle 7 enthält die wichtigen meteorologischen Kenngrößen, die während der Messungen an den 4 Feldteststandorten ermittelt wurden. Alle Einzelwerte sind in den Anhängen 7 und 8 sowie in Anhang 13 zu finden.

Tabelle 7: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten, als Tagesmittelwerte

	Parkplatzgelände, Köln	Wesseling	Mechernich	Brühl	Furulund
Anzahl Wertepaare	39	62	114	45	104
PM 10-Anteil [%]					
Bereich	45,7 – 90,8	38,3 – 94,9	44,1 – 98,1	47,9 – 99,2	nicht bestimmt
Mittelwert	75,5	70,3	79,3	84,3	
Lufttemperatur [°C]					
Bereich	-2,5 – 9,3	9,3 – 29,8	4,7 – 25,7	-3,5 – 13,1	-7,8 – 11,4
Mittelwert	3,2	17,9	14,4	6,2	2,1
Luftdruck [hPa]					
Bereich	982 – 1026	992 – 1028	945 - 977	980 –- 1023	970 – 1031
Mittelwert	1003	1008	965	1004	1009
Rel. Luftfeuchte [%]					
Bereich	39,7 – 98,6	33,9 – 92,5	42 – 98,7	28,1 – 98,9	44,8 – 91,6
Mittelwert	74,8	62,7	78	77,1	70,5
Windgeschwindigkeit [m/s]					
Bereich	0,2 – 5,1	0,9 – 5,8	0,2 – 6,5	0,3 – 6,6	0,0 – 10,6
Mittelwert	2,2	3,2	1,5	3,1	2,7
Niederschlagsmenge [mm]					
Bereich	0 – 13	0 – 39	0 - 55	0 – 18	0 – 22
Mittelwert	2,2	2,1	3,4	2,9	1,5

Dauer der Probenahmen

DIN EN 12341 legt die Probenahmedauer auf 24 h fest. Bei niedrigen Konzentrationen ist jedoch auch eine längere, bei höheren Konzentrationen eine kürzere Probenahmedauer zulässig.

Während im Feldtest immer eine Probenahmezeit von 24 h für alle Geräten eingestellt wurde, wurde die Probenahmezeit bei einigen Untersuchungen im Labor auf 8 h reduziert, um eine größere Anzahl an Messwerten zu erhalten.

Filterhandling - Massenbestimmung

Folgende Filter wurden in der Eignungsprüfung verwendet:

Tabelle 8: Eingesetzte Filtermaterialien

Messgerät	Filtermaterial, Typ	Hersteller
OPSIS SM 200	Teflon, ∅ 47mm	Pall Gelman
Referenzgerät LVS3	Quarzfaser, ∅ 50mm	Munktell
Klassiergerät GS 050	Quarzfaser, ∅ 50mm	Munktell

Die unbeaufschlagten Filter für die Referenz- und Klassiergeräte wurden staubgeschützt in einer Plexiglaskammer im Wägezimmer mindestens 48 h bei einer Temperatur von 20 ± 1 °C und einer konstanten relativen Luftfeuchte konditioniert. Die anschließende Verwiegung erfolgte auf einer Waage der Firma Sartorius, Typ MC 210P, mit einer Auflösung von 10 µg absolut. Die Filter für das Referenzgerät wurden in geschlossenen Glasschälchen zur Messstelle hin und zurück transportiert. Die Filter für das Klassiergerät wurden noch im Wägezimmer direkt in die TSP-Probenahmeköpfe eingelegt, vor Ort erfolgte somit ein Wechsel des gesamten Probenahmekopfes. Beaufschlagte Filter wurden im Probenahmekopf zum Labor zurücktransportiert und erst im Wägezimmer entnommen.

Mit den beaufschlagten Filter wurde im Wägezimmer äquivalent verfahren.

Die Behandlung der Filter entsprach somit den Anforderungen der DIN EN 12341, Anhang C.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurden die unbeaufschlagten wie auch die beaufschlagten Filter zwischen dem Feldteststandort in Schweden und dem Labor in Deutschland per Kurier verschickt.



5 Referenzmessverfahren

Im Rahmen des Feldtestes wurden gemäß der DIN EN 12341 folgende Geräte eingesetzt:

1. als Referenzgerät: Kleinfiltergerät Low Volume Sampler LVS3
Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland
Herstelldatum: 2000
PM10-Probenahmekopf

2. als Klassiergerät: Kleinfiltergerät GS 050
Hersteller: Fa. Derenda, Xantener Str. 22, Berlin, Deutschland
Herstelldatum: 1992
TSP-Probenahmekopf

Während der Prüfung wurden abwechselnd, bzw. parallel zwei Referenzgeräte mit einem geregelten Durchsatz von 2,3 m³/h betrieben. Die Volumenstromregelgenauigkeit beträgt unter realen Einsatzbedingungen < 1 % des Nennvolumenstroms.

Die Probenahmeluft wird von der Drehschieber-Vakuumpumpe über den Probenahmekopf gesaugt, der Probeluft-Volumenstrom wird hierbei zwischen Filter und Vakuumpumpe mit einer Messblende gemessen. Die angesaugte Luft strömt von der Pumpe aus über einen Abscheider für den Abrieb der Drehschieber zum Luftauslass.

Nach beendeter Probenahme zeigt die Messelektronik das angesaugte Probeluftvolumen in Norm- oder Betriebs-m³ an.

Die PM10 Konzentration wurde ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Norm-m³ dividiert wurde.

Probeneinlass und Filterhalter waren gasdicht miteinander verschraubt. Üblicherweise ist der Probenahmekopf mit dem Probenahmegerät durch ein gerades Rohr verbunden. Im Rahmen des Feldtestes erfolgte eine interne Anordnung des Probenahmegerätes im Container bei gleichzeitiger externer Anordnung des Probenahmekopfes auf dem Dach des Containers. Die Verbindung wurde mit Hilfe eines Adapters und einer Schlauchverbindung hergestellt.

Die Klassiergeräte erfassten den Schwebstaub in der Luft gemäß VDI-Richtlinie 2463, Blatt 7. Es wird der gesamte Korngrößenbereich erfasst (TSP = **T**otal **S**uspended **P**articulate Matter).

Die Funktionsweise des Klassiergerätes entspricht prinzipiell dem des Referenzgerätes im ungeregelten Betrieb. Der Durchsatz wird mittels Flügelradanemometer und angekoppeltem elektromechanischem Zählwerk in m³ mit einer Ablesegenauigkeit von 0,01 m³ angezeigt. Der Nenndurchsatz beträgt 2,7 bis 2,8 m³/h. Während der Probenahmezeit sollte ein stündlicher Durchsatz von 2,6 m³/h nicht unterschritten werden. Das Probeluftvolumen ergibt sich aus der Differenz des zu Beginn und am Ende der Probenahme abgelesenen Zählerstandes des Zählwerkes.

Eine Umrechnung des Probeluftvolumens auf Normbedingungen (273 Kelvin, 101,3 kPa) erfolgte mittels den in der angebrachten Wetterstation am Messcontainer kontinuierlich ermittelten Größen Lufttemperatur und Luftdruck sowie dem an der Gasuhr anliegenden Unterdruck.

Die TSP Konzentration wurde ebenfalls ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Norm-m³ dividiert wurde. Der PM10 Anteil errechnet sich durch Division der PM10 Konzentration des Referenzgerätes durch den jeweiligen TSP Gehalt.

Die Probenahmezeit wurde mit Hilfe einer elektrischen Zeitschaltuhr eingestellt.

Im Rahmen des Feldtestes erfolgte auch hier eine interne Anordnung des Probenahmegerätes im Container bei gleichzeitiger externer Anordnung des Probenahmekopfes auf dem Dach des Containers. Die Verbindung wurde mit Hilfe eines Adapters und einer Schlauchverbindung hergestellt.

In der Ergänzungsprüfung wurde nur ein Referenzgerät betrieben. Auf den Einsatz eines Klassiergerätes wurde im Rahmen der zusätzlichen Untersuchung verzichtet.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung waren die OPSIS-Geräte analog zum ersten Feldtest [10] in einem Gebäude in Furulund installiert. Lediglich das Referenzgerät wurde komplett im Freien auf dem Dach installiert.

6 Prüfergebnisse

6.1 4.1.1 Messwertanzeige

Die Messeinrichtung muss eine Messwertanzeige besitzen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Messeinrichtung eine Messwertanzeige besitzt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige. Der Messwert als Mittelwert über die Probenahmezeit kann zu jeder Zeit dem Speicher entnommen und angezeigt werden.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 16 zeigt eine Frontalaufnahme der Bedieneinheit der Messeinrichtung. Messwerte aus dem Speicher können auf dem Display angezeigt werden.

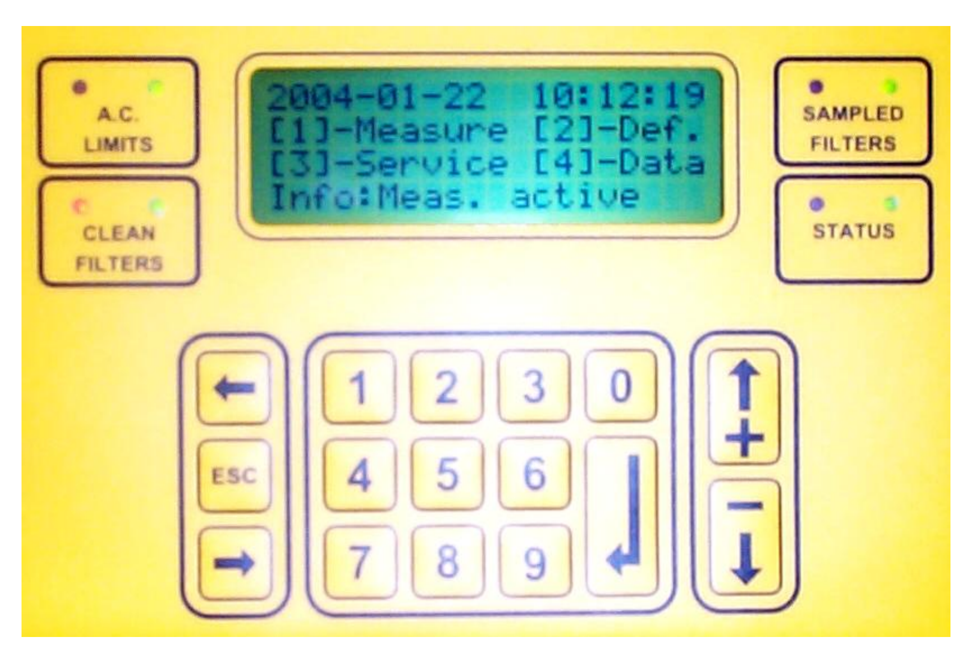


Abbildung 16: Frontalaufnahme der Bedieneinheit der Messeinrichtung

6.1 4.1.2 Wartungsfreundlichkeit

Die notwendigen Wartungsarbeiten an der Messeinrichtung sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die notwendigen regelmäßigen Wartungsarbeiten wurden nach den Anweisungen der Betriebsanleitung ausgeführt.

6.4 Auswertung

Folgende Wartungsarbeiten sind vom Benutzer durchzuführen:

1. Überprüfung des Gerätestatus
   Der Gerätestatus kann durch Kontrolle der Messeinrichtung selbst oder auch on line überwacht und kontrolliert werden.
2. Monatliche Reinigung des Gerätes. In jedem Fall ist die Messeinrichtung nach jedem Messeinsatz zu reinigen.
3. Im Abstand von längstens 4 Wochen ist der Probenahmekopf zu reinigen und die Impaktionsplatte neu zu fetten.
4. Die pneumatischen, elektrischen und mechanischen Bauteile können durch interne Testprozeduren kontrolliert werden. Dies muss monatlich, in jedem Falle aber nach jedem Messeinsatz, geschehen.
5. Alle Verbindungsleitungen, O-Ringe und Sicherungen sind vierteljährlich zu kontrollieren.
6. Der Filter der Wasserfalle im Pumpenmodul ist alle drei Monate zu tauschen.
7. Die Pumpenmembran ist alle 6 Monate zu tauschen.
8. Im Rahmen einer jährlichen Grundwartung ist auch auf die Reinigung des Ansaugrohres zu achten.

Alle Arbeiten lassen sich mit üblichen Werkzeugen durchführen.

Bewertung

Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar. Die Arbeiten zu Punkt 4 bis 7 sind bei einem Stillstand des Gerätes durchzuführen. Diese Arbeiten fallen nur monatlich, vierteljährlich, halbjährlich bzw. jährlich an. In der restlichen Zeit kann sich die Wartung auf die Kontrolle von Verschmutzungen, etwaigen Fehlermeldungen und Abweichungen in den Test zur Qualitätskontrolle beschränken.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Arbeiten an den Geräten wurden während der Prüfung auf Basis der in den Handbüchern beschriebenen Arbeiten und Arbeitsabläufe durchgeführt. Bei Einhaltung der dort beschriebenen Vorgehensweise konnten keine Schwierigkeiten beobachtet werden. Alle Wartungsarbeiten ließen sich bisher problemlos mit herkömmlichen Werkzeugen durchführen.

6.1 4.1.3 Funktionskontrolle

Soweit zum Betrieb oder zur Funktionskontrolle der Messeinrichtung spezielle Einrichtungen erforderlich sind, sind diese als zum Gerät gehörig zu betrachten und bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und mit in die Bewertung aufzunehmen.
Zur Messeinrichtung gehörende Prüfgaserzeugungssysteme müssen der Messeinrichtung ihre Betriebsbereitschaft über ein Statussignal anzeigen und über die Messeinrichtung direkt sowie auch telemetrisch angesteuert werden können.
Die Unsicherheit der zur Messeinrichtung gehörenden Prüfgaserzeugungseinrichtung darf in drei Monaten 1 % vom Bezugswert B_2 nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungshandbuch, Referenzfolien.

6.3 Durchführung der Prüfung

Hier wurde überprüft, ob alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen vorhanden, aktivierbar und funktionstüchtig sind. Zur Überprüfung der Stabilität der Beta-Messung führt das Gerät folgenden internen Test nach jedem Neustart (sowie auf Wunsch regelmäßig als AutoTest (nur SM 200 (Neu)) durch: Es werden kurzzeitig zwei Referenzblenden mit unterschiedlicher Dicke zwischen die Betastrahlungsquelle und den Geigerzähler eingefügt. Vom Hersteller wurde bei der Geräteherstellung das Ansprechverhalten des Geigerzählers unter Einfügung der beiden Referenzblenden protokolliert. Dieses Protokoll liefert die Referenzwerte, mit denen die entsprechenden Ergebnisse aus dem internen „Beta-Span-Test“ verglichen werden. Ergebnis ist eine prozentuale Differenz.

6.4 Auswertung

Alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden oder aktivierbar.

In Tabelle 9 sind Ergebnisse des internen „Beta-Span-Tests“ aufgeführt. Die Beta-Tests werden nach jedem Neustart des Gerätes durchgeführt und erfolgten in einem Zeitraum von ca. 1,5 Jahren. Sie zeigen über die Zeit sehr konstante Signale des Geigerzählers im Rahmen des Tests. Ausgewertet wurde die prozentuale Veränderung des Verhältnisses der beiden Messwerte CountA und CountB für die eingebauten Referenzblenden zueinander zum jeweiligen Vorgängerwert. CountA und CountB werden als Geigerzählersignale in „counts per minute“ bzw. „cpm“ angegeben. Das Verhältnis der beiden Werte muss gemäß dem Bedienungshandbuch (Punkt 5.7.3) konstant sein.

6.5 Bewertung

Alle im Bedienungshandbuch beschriebenen Gerätefunktionen sind vorhanden, aktivierbar und funktionieren.
Die Messeinrichtung führt nach jedem Neustart (sowie auf Wunsch auch regelmäßig als Autotest) eine Funktionskontrolle durch. Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse der Beta-Span-Tests über den Zeitraum von ca. 1,5 Jahren. Die Ergebnisse sind sehr konstant, es konnten keine Abweichungen > 0,45 % zum im Werk protokollierten Wert festgestellt werden. Abweichungen über 3 % führen zu einem Statussignal mit Wartungsaufforderung.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Folgende Tabelle 9 zeigt für die beiden Prüflinge die Ergebnisse des Beta-Tests.

Tabelle 9. Ergebnisse „Beta-Span-Test“

SN 285				
Datum des Neustarts	A [cpm]	B [cpm]	A/B	Abweichung in % vom Vorgängerwert
05.07.2001	95904	73647	1,3022	-
08.08.2001	96297	74015	1,3010	-0,09
30.08.2001	96523	73952	1,3052	0,32
20.09.2001	98041	75111	1,3053	0,01
18.10.2001	96557	73755	1,3092	0,30
05.12.2001	95522	73249	1,3041	-0,39
19.04.2002	95846	73482	1,3043	0,02
10.06.2002	96210	73862	1,3026	-0,13
29.09.2002	97428	74597	1,3061	0,27
19.11.2002	96322	73748	1,3061	0,00

SN 288				
Datum des Neustarts	A [cpm]	B [cpm]	A/B	Abweichung in % vom Vorgängerwert
05.07.2001	97609	74837	1,3043	-
08.08.2001	97994	75079	1,3052	0,07
30.08.2001	97946	74997	1,3060	0,06
20.09.2001	96475	73981	1,3041	-0,15
18.10.2001	97762	74932	1,3047	0,05
05.12.2001	97498	74554	1,3078	0,24
19.04.2002	97640	74738	1,3064	-0,10
10.06.2002	97925	75020	1,3053	-0,09
29.09.2002	99246	75690	1,3112	0,45
19.11.2002	97864	74947	1,3058	-0,41

6.1 4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten

Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung anzugeben.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung dieser Mindestanforderung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messinstrumente wurden nach den Beschreibungen des Geräteherstellers in Betrieb genommen. Die erforderlichen Zeiten für Rüst- und Einlaufzeit wurden getrennt erfasst.

Erforderliche bauliche Maßnahmen im Vorfeld der Installation, wie z. B. die Einrichtung eines Durchbruchs im Containerdach wurden hier nicht bewertet.

6.4 Auswertung

Die Rüstzeit umfasst den Zeitbedarf für den Aufbau der Messeinrichtung bis zur Inbetriebnahme.

Das OPSIS-System muss witterungsunabhängig installiert werden, z. B. in einem klimatisierten Messcontainer. Zudem erfordert die Durchführung des Ansaugrohres durch das Dach sowie dessen Belüftung umfangreichere bauliche Maßnahmen am Messort. Ein ortsveränderlicher Einsatz wird daher nur zusammen mit der zugehörigen Peripherie angenommen.

Folgende Schritte zum Aufbau der Messeinrichtung sind grundsätzlich erforderlich:

- Anschluss der Stromversorgung
- Anschluss Ansaugrohr, Stabilisator + PM 10-Probenahmekopf
- Anschluss der Pumpe
- Externe Temperaturfühler verlegen (in die Nähe des Probenahmekopfes)
- Bestückung des Gerätes mit Filtern
- Überprüfung der Dichtigkeit

Die Durchführung dieser Arbeiten und damit die Rüstzeit beträgt 1 Stunde.

Die Einlaufzeit umfasst den Zeitbedarf von der Inbetriebnahme der Messeinrichtung bis zur Messbereitschaft.

Nach dem Einschalten des System erfolgt zunächst eine Aufwärmphase, in der die Messkammer auf die Betriebstemperatur erwärmt wird. Die Dauer der Aufwärmphase ist abhängig vom Temperaturzustand des Gerätes und seiner Umgebung und kann bis zu einer Stunde andauern. Die Aufwärmphase lässt sich mit „ESC“ jedoch auch überspringen, dies sollte jedoch nur durchgeführt werden, wenn keine direkt anschließende Messung gewünscht wird. Das Aufheizen auf den Betriebszustand läuft auch nach dem Betätigen der „ESC“-Taste im Hintergrund weiter.

Nach der Aufwärmphase erscheint das Hauptmenü – hier lassen sich die Probenahmeparameter (Durchflussrate, Probenahmezeit, Häufigkeit der Durchführung einer geräteinternen Überprüfung des pneumatischen und/oder radiometrischen Systems...) ablegen. Hierzu benötigt mit den Geräten vertrautes Personal wenige Minuten.

Auf Grund der Messzeit der Betastrahlenabsorption von etwa 2 Stunden, muss die gewünschte Startzeit beim Normalstart auf Grund der Testprozeduren je nach Zeitpunkt der letzten Betaüberprüfung ca. 2,5 bis 3,5 Stunden vor die aktuelle Zeit gesetzt werden. Erst danach kann die Probenahme beginnen. Wenn die gewählte Zeit zu dicht an der aktuellen Zeit liegt, erscheint eine Fehlermeldung und die Startprozedur muss wiederholt werden. In der Regel wird die Startzeit so eingestellt, dass das Gerät um 24 Uhr den Messbetrieb aufnimmt.

6.5 Bewertung

Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.

Die Messeinrichtung kann, bei überschaubarem Aufwand, an unterschiedlichen Messstellen betrieben werden. Die Rüstzeit beträgt 1 Stunde und die Einlaufzeit minimal ca. 2,5 Stunden und im Normalbetrieb ca. 3,5 Stunden

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



6.1 4.1.5 Bauart

Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten. Im Wesentlichen sind dies:
Bauform (z. B. Tischgerät, Einbaugerät, freie Aufstellung)
Einbaulage (z. B. horizontaler oder vertikaler Einbau)
Sicherheitsanforderungen
Abmessungen
Gewicht
Energiebedarf.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wird eine Messeinrichtung zur Erfassung des Energieverbrauchs und eine Waage eingesetzt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Aufbau der übergebenen Geräte wurde mit der Beschreibung in den Handbüchern verglichen. Der angegebene Energieverbrauch wird über 24 h im Normalbetrieb an 3 Tagen während des Feldtests bestimmt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung muss in horizontaler Einbaulage witterungsunabhängig installiert werden. Hierbei sollte die Einrichtung auf einer ebenen Fläche (z. B. Tisch) aufgestellt werden. Der Einbau in ein 19“ Rack ist ebenfalls gut möglich.

Die Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung stimmen mit den Angaben aus dem Bedienungshandbuch überein.

Der Energiebedarf der Messeinrichtung wird vom Hersteller mit maximal 800 W angegeben. In 3 jeweils 24stündigen Tests wurde diese Angabe überprüft. Zu keinem Zeitpunkt wurde bei diesen Untersuchungen der angegebene Wert überschritten. Der durchschnittliche Energieverbrauch über 24 h lag bei ca. 400 W.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurde auf eine erneute Erfassung des Energiebedarfes verzichtet, da sich keine wesentlichen Änderungen in der Ausführung der Messeinrichtung ergeben haben und der im Handbuch angegebene Wert beim Vorgängermodell deutlich unterschritten wurde.

6.5 Bewertung

Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 4.1.6 Unbefugtes Verstellen

Die Justierung der Messeinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bedienung des Messgerätes erfolgt über die frontseitige Bedientastatur oder über die RS232-Schnittstellen und Modem von einem externen Rechner aus. Um Probenahmeparameter des Gerätes zu verändern sind immer mehrere Tastenfolgen notwendig.

Da eine Aufstellung des Messgerätes im Freien nicht möglich ist, erfolgt ein zusätzlicher Schutz durch die Aufstellung an Orten, zu denen Unbefugte keinen Zutritt haben (z. B. verschlossener Messcontainer).

6.4 Auswertung

Unbefugtes oder unbeabsichtigtes Verstellen von Geräteparametern wird durch eine Bedienung über mehrere Tastenfolgen verhindert. Weiterhin ergibt sich ein zusätzlicher Schutz vor unbefugtem Eingriff durch die Installation in einem verschlossenen Messcontainer.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung ist in einem Messcontainer zu verschließen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 4.1.7 Messsignalausgang

Die Messsignale müssen digital (z. B. RS 232) und/oder analog (z. B. 4 mA bis 20 mA) angeboten werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

digitaler Datenlogger, Datenlogger Mobidas (für Analogsignal)

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte unter Verwendung einer elektronischen Datenerfassungsanlage vom Typ Mobidas (Analogausgang) und einem digitalen Datenlogger.

Die Datenerfassungsanlagen wurden an Analog- sowie Digitalausgang angeschlossen. Die Prüfung erfolgte durch Vergleich der Messwerte aus Gerätespeicher (über Display), Analog- und Digitalausgang während des Feldtestes.

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden auf der Geräterückseite folgendermaßen angeboten:

Analog: 0-10 V bzw. 0-20 mA Konzentrationsbereich wählbar

Digital: über RS 232-Schnittstelle - über die direkte oder mit einem Modem hergestellte Verbindung zu einem Rechner, lässt sich das Gerät so bedienen, als stände man direkt davor – so lässt sich z. B. der Speicher mit allen Daten zu vergangenen Messungen auslesen.

Die ermittelten Messwerte wurden sowohl analog, wie auch digital in Übereinstimmung zum angezeigten Wert im Gerätespeicher ausgegeben.

6.5 Bewertung

Die Messsignale werden analog (0-10 V oder 0-20 mA) und digital (über RS 232) angeboten.

Der Anschluss von zusätzlichen Mess- und Peripheriegeräten ist über entsprechende Anschlüsse an den Geräten möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 17 zeigt eine Ansicht der Geräterückseite mit den jeweiligen Messwertausgängen.



Abbildung 17: Ansicht Geräterückseite OPSIS SM 200 (Neu)

6.1 4.2 Anforderungen an Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz

Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz müssen die Anforderungen an Messeinrichtungen für den stationären Einsatz auch im mobilen Einsatz erfüllen. Beim mobilen Einsatz von Messeinrichtungen, beispielsweise Messungen im fließenden Verkehr, zeitlich begrenzte Messungen an verschiedenen Orten oder Flugzeugmessungen, muss die ständige Betriebsbereitschaft sichergestellt sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung wurde im Rahmen des Feldtestes an mehreren Feldteststandorten getestet.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtungen wurden für einen festen Einbau in einer Messstation / einem Messcontainer konzipiert. Ein ortsveränderlicher Einsatz ist nur in Verbindung mit einem Messcontainer möglich.

Die ständige Betriebsbereitschaft für zeitlich begrenzte Messungen an verschiedenen Orten ist bei Beachtung der Aufstellungsbedingungen (Auswahl Messstelle, Infrastruktur) sichergestellt.

Für einen mobilen Einsatz sind neben den Aufstellungsbedingungen auch die Rüst- und Einlaufzeiten zu beachten.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung wurde im Rahmen des Feldtestes an mehreren verschiedenen Standorten betrieben; kann aber nicht in fahrenden Fahrzeugen eingesetzt werden.

Mindestanforderung erfüllt? nein

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.1 Allgemeines

Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Ergebnisse der Prüfungen werden mit den Angaben im Handbuch verglichen.

6.4 Auswertung

Die gefundenen Abweichungen zwischen dem ersten Handbuchsentwurf und der tatsächlichen Geräteausführung wurden behoben.

6.5 Bewertung

Differenzen zwischen Geräteausstattung und Handbüchern wurden nicht beobachtet.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe Punkt 6.4 zu diesem Modul.



6.1 5.2.1 Messbereich

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung muss größer oder gleich dem Bezugswert B_2 sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob der Messbereich Messbereichsendwert der Messeinrichtung größer oder gleich dem Bezugswert B_2 ist.

6.4 Auswertung

Der Messbereichsendwert der Massenbestimmung durch Betastrahlenabsorption beträgt theoretisch ca. 60 mg (Kalibrierung der Betamessung beim Hersteller). Dies würde bei einer 24-stündigen Probenahme einer Staubkonzentration von ca. 2.500 µg/m³ entsprechen. Da die PM10-Konzentrationen in Umgebungsluft im Untersuchungsraum niedriger als 1.000 µg/m³ liegen, wurde für das analoge Ausgangssignal der Testgeräte der Messbereich 0 bis 1.000 µg/m³ eingestellt. Andere Einstellungen sind möglich.

Messbereich: 0 – 200 µg/m³ und 0 – 1.000 µg/m³

Bezugswert: VDI: B_2 = 200 µg/m³.

6.5 Bewertung

Es ist ein Messbereich von 0-200 µg/m³ bzw. 0-1.000 µg/m³ eingestellt.

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als der Bezugswert B_2

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.2.2 Negative Messsignale

Negative Messsignale bzw. Messwerte dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtungen wurden für eine Probenahmezeit von 8 h ohne Pumpe betrieben, die „abgeschiedene Masse“ auf dem Filter, die in diesem Fall ideal 0 mg betragen muss, wurde wie bei einer normalen Probennahme ermittelt.

Gemäß den Beziehungen aus Kapitel 3.1 kann aus dem Betastrahlenfluss vor und nach der Probenahme ($F_{blank,}F_{collect}$, im Speicher abgelegt als Blank [cpm] und Collect [cpm]) bei bekannter beaufschlagter Oberfläche und bekanntem K(x) (Herstellerangabe) die abgeschiedene Masse auf dem Filter errechnet werden.

6.4 Auswertung

Wenn der Messwert für $F_{collect}$ größer ist als F_{blank}, ergibt sich ein negativer Wert für die Masse – das Messgerät gibt für die Konzentration 0 µg/m³ aus .

6.5 Bewertung

Negative Messsignale werden von der Messeinrichtung nicht direkt angezeigt. Auf Basis der abgespeicherten Daten kann aber im Einzelfall ein negativer Messwert berechnet werden, soweit dies zur Qualitätssicherung erforderlich ist.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 10 zeigt beispielhaft das Ergebnis eines Nullpunkttests, bei dem sich rechnerisch gemäß den Beziehungen in Kapitel 3.1 ein negativer Massenwert ergibt, dass Gerät allerdings 0 mg als Messwert ausgibt.

Tabelle 10: Negative Messwerte

F_{blank}	$F_{collect}$	errechnete Masse [mg]	angezeigte Masse [mg]
195702	195779	-0,02	0

6.1 5.2.3 Analysenfunktion

Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mit Hilfe der Analysenfunktion darstellbar sein und durch Regressionsrechnung ermittelt werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei der Durchführung der Kalibriermessungen kamen zusätzlich die Geräte entsprechend Punkt 5 des vorliegenden Berichts zum Einsatz.

6.3 Durchführung der Prüfung

Am Standort „Parkplatzgelände in Köln“ sowie am Standort „Furulund“ wurden Vergleichsmessungen mit den unter Punkt 5 genannten Referenzgeräten durchgeführt. Die Messdaten wurden durch Regressionsrechnung, analog zur Ermittlung der Vergleichbarkeit von Testgerät mit Referenzgerät gemäß Modul 5.3.1 behandelt.

6.4 Auswertung

Es wurden 17 Einzelmessungen zur Kalibrierung der beiden Testgeräte mit dem Referenzverfahren im Zeitraum vom 15.12.2000 bis 28.01.2001 durchgeführt. Die Messungen erfolgten auf einem Parkplatzgelände in Köln.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurden 15 Einzelmessungen zur Kalibrierung der beiden Testgeräte OPSIS SM 200 (Neu) mit dem Referenzverfahren vom 18.12.2004 bis 20.01.2005 durchgeführt. Die Messungen erfolgten am Standort „Furulund“.

Die Kennwerte der Kalibrierfunktion

$$y = m * x + b$$

wurden durch lineare Regression ermittelt. Die Analysenfunktion ist die Umkehrung der Kalibrierfunktion. Sie lautet:

$$x = 1/m * y - b/m$$

Die Steigung m der Regressionsgeraden charakterisiert die Empfindlichkeit des Messgerätes, der Ordinatenabschnitt b den Nullpunkt.

Die mit dem Referenzverfahren ermittelten PM10-Konzentrationen x in µg/m³ werden den entsprechenden Messsignalen des Testgeräts y in µg/m³ zugeordnet. Daraus ergeben sich die in Tabelle 11 und Tabelle 12 aufgeführten Kennwerte

Tabelle 11: Ergebnisse der Kalibrier- und Analysenfunktion, Parkplatzgelände Köln

Geräte-Nr.	Kalibrierfunktion		Analysenfunktion	
	Y = m * x + b		x = 1/m * y - b/m	
	m	b	1/m	b/m
	µg/m³ / µg/m³	µg/m³	µg/m³ / µg/m³	µg/m³
Gerät 1 (SN 285)	1,0374	-1,8928	0,9639	-1,8246
Gerät 2 (SN 288)	1,0829	-2,697	0,9234	-2,4905

Tabelle 12: Ergebnisse der Kalibrier- und Analysenfunktion, Furulund

Geräte-Nr.	Kalibrierfunktion		Analysenfunktion	
	Y = m * x + b		x = 1/m * y - b/m	
	m	b	1/m	b/m
	µg/m³ / µg/m³	µg/m³	µg/m³ / µg/m³	µg/m³
Gerät 1 (SN 1110)	0,9911	0,6756	1,0090	-0,6817
Gerät 2 (SN 1112)	0,9545	1,7957	1,0477	1,8813

Für die Testgeräte zeigen die Abbildung 18 bis Abbildung 21 die erhaltenen Kalibrierkurven.

6.5 Bewertung

Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen dem Referenzmessverfahren und der Geräteanzeige konnte nachgewiesen werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Vergleichsmessungen an den Feldteststandorten „Parkplatzgelände Köln“ sowie „Furulund“ sind in der Anlage 2 sowie in Anlage 11 dargestellt.

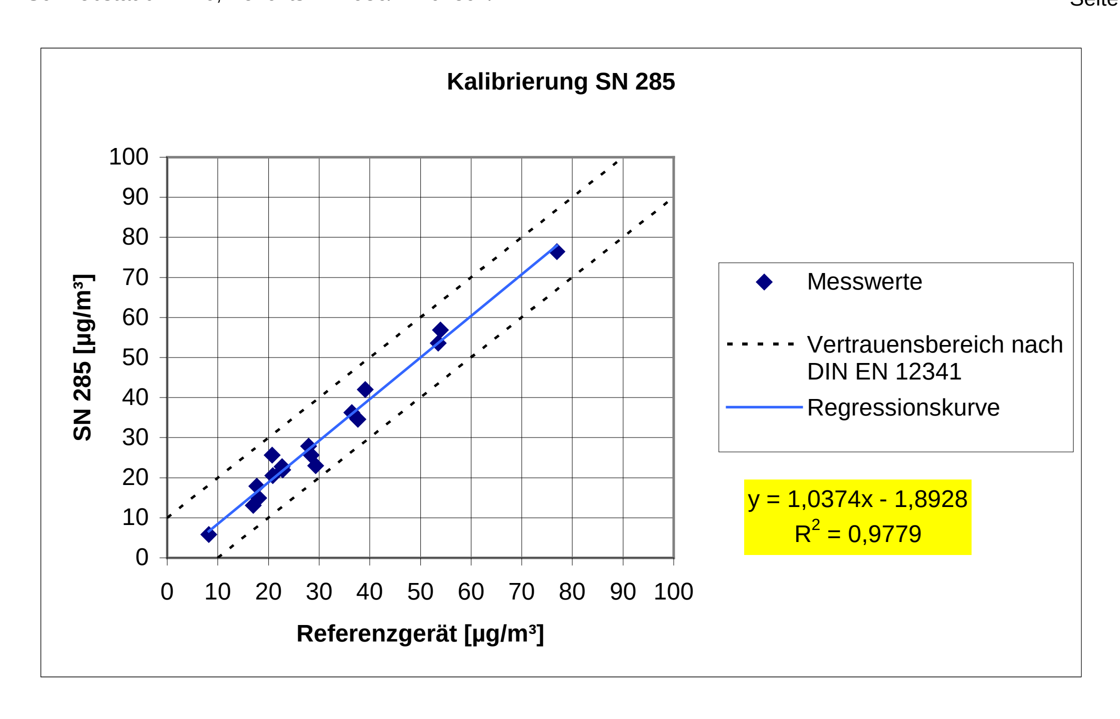


Abbildung 18: Kalibrierkurve für Testgerät SN 285

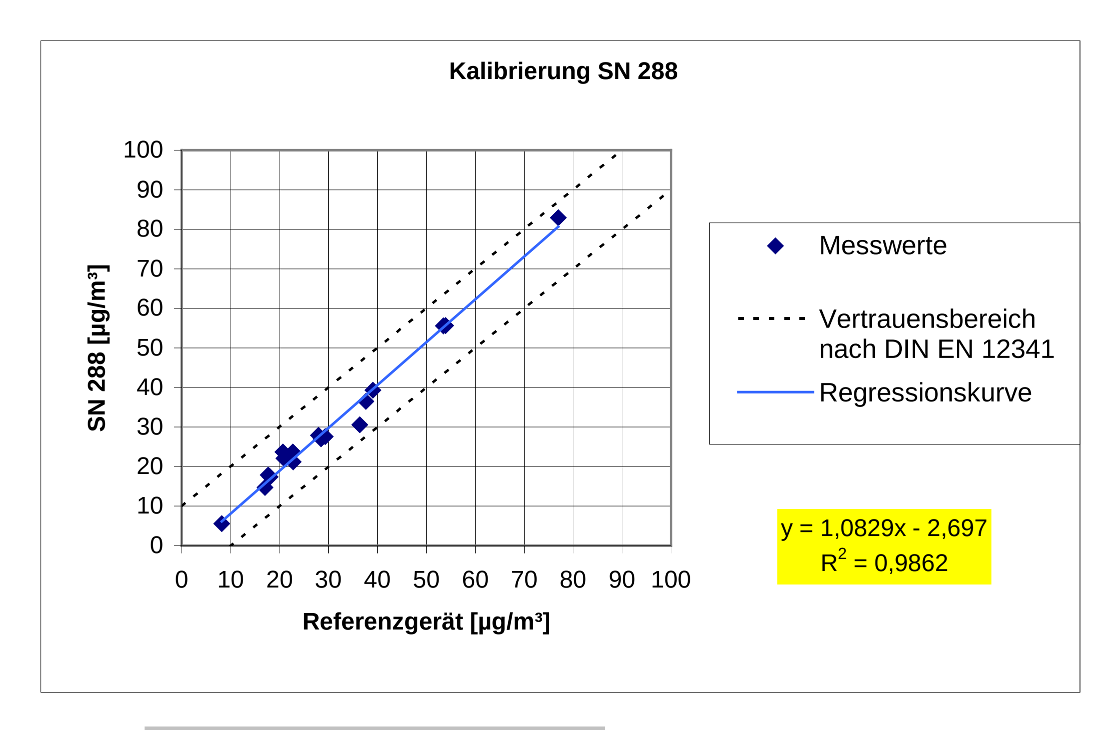


Abbildung 19: Kalibrierkurve für Testgerät SN 288

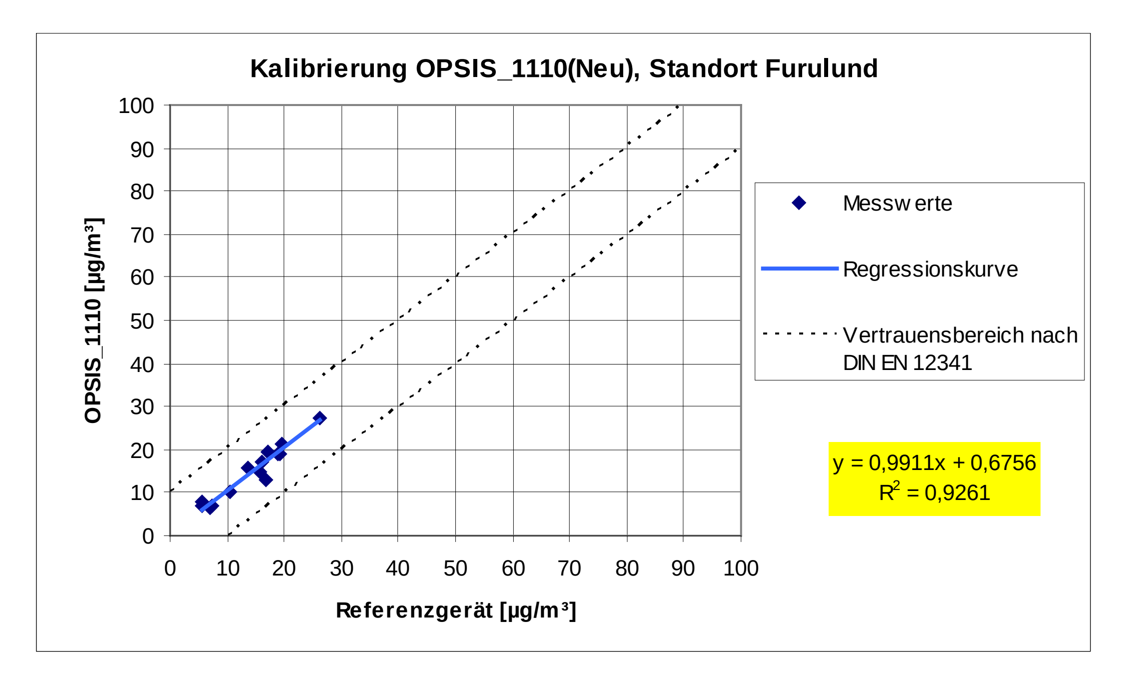


Abbildung 20: Kalibrierkurve für Testgerät SN 1110

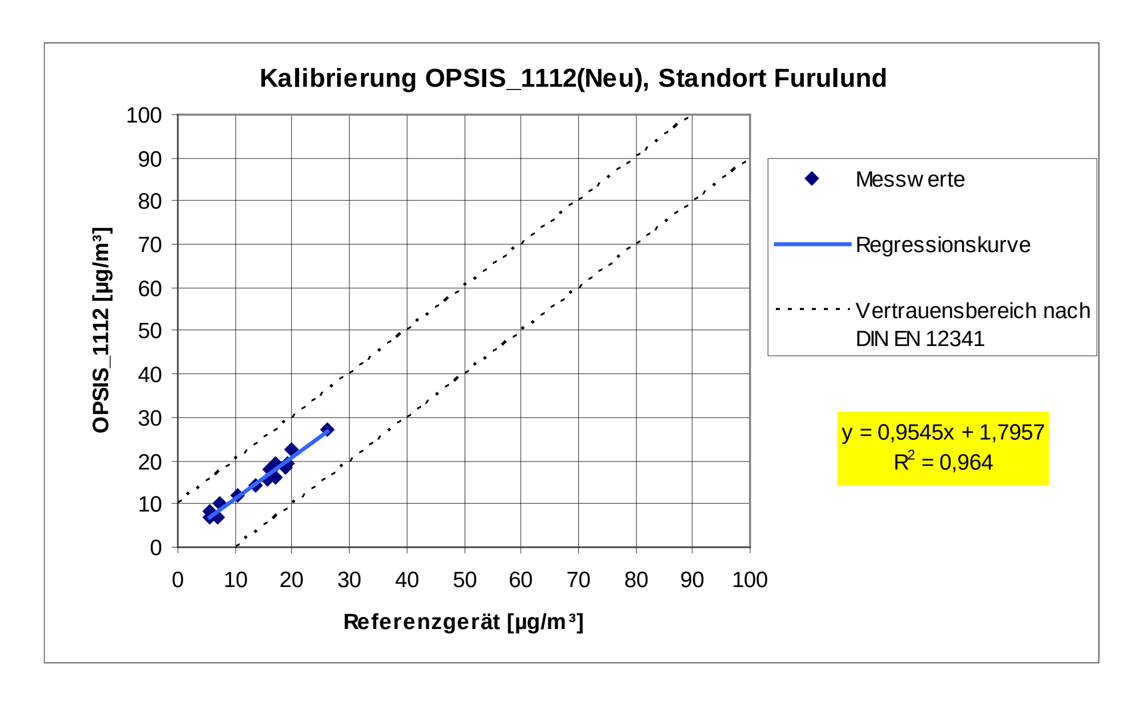


Abbildung 21: Kalibrierkurve für Testgerät SN 1112

Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Kalibrierkurven können der Anlage 2 und der Anlage 11 im Anhang entnommen werden.

6.1 5.2.4 Linearität

Die Linearität gilt als gesichert, wenn die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion (nach Abschnitt 5.2.1) im Bereich von Null bis B_1 nicht mehr als 5 % von B_1 und im Bereich von Null bis B_2 nicht mehr als 1 % von B_2 beträgt.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

siehe Modul 5.3.1.

6.3 Durchführung der Prüfung

Für Staubmesseinrichtungen ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.3.1 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen.

6.4 Auswertung

Siehe Modul 5.3.1.

6.5 Bewertung

Für Staubmesseinrichtungen ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.3.1 „Gleichwertigkeit der Probenahmesysteme“ durchzuführen.

Siehe Modul 5.3.1.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe Modul 5.3.1.

6.1 5.2.5 Nachweisgrenze

Die Nachweisgrenze der Messeinrichtung darf den Bezugswert B_0 nicht überschreiten. Die Nachweisgrenze ist im Feldtest zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wurde „schwebstaubfreie Luft“ bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bestimmung der Nachweisgrenze erfolgten bei den Testgeräten SN 285 und SN 288 durch Aufgabe von schwebstaubfreier Probenluft für die Dauer von jeweils 24h. Die Ermittlung der Nachweisgrenze erfolgte im Labor, da unter Feldbedingungen eine Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft nicht möglich war. Ausgewertet wurden die am Gerätedisplay direkt abgelesenen Messwerte sowie die gemäß Kapitel 3.1 aus dem Betastrahlenfluss vor und nach der Probenahme (F_{blank},$F_{collect}$, im Speicher abgelegt als Blank [cpm] und Collect [cpm]) errechneten Messwerte.

6.4 Auswertung

Die Nachweisgrenze $\underline{x}$ wird aus der Standardabweichung s_{x0} der Messwerte bei Ansaugung von schwebstaubfreier Probenluft durch beide Testgeräte ermittelt. Sie entspricht der dreifachen Standardabweichung des Mittelwertes x_0 der Messwerte x_{0i} bei Ansaugung von schwebstaubfreier Probenluft für das jeweilige Testgerät.

$$\underline{x} = 3 \cdot s_{x0} \qquad \text{mit} \cdot s_{x0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \overline{x_0})^2}$$

Bezugswert: VDI: $B_0 = 2$ µg/m³

6.5 Bewertung

Die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen zu 0,41 µg/m³ für Gerät 1 (SN 285) und zu 1,08 µg/m³ für Gerät 2 (SN 288) (vom Gerät ausgegebene Werte), bzw. zu 0,96 µg/m³ für Gerät 1 (SN 285) und zu 1,29 µg/m³ für Gerät 2 (SN 288) (aus cpm errechnete Werte).

Aus den Untersuchungen ergibt sich für die am Display abgelesenen Messwerte eine Nachweisgrenze von 0,41 µg/m³ für das Gerät 1 (SN 285) und 1,08 µg/m³ für das Gerät 2 (SN 288) (bei einer statistischen Sicherheit von 99 %). Für die errechneten Messwerte ergibt sich eine Nachweisgrenze von 0,96 µg/m³ für das Gerät 1 (SN 285) und 1,29 µg/m³ für das Gerät 2 (SN 288) (bei einer statistischen Sicherheit von 99 %). In beiden Fällen sind die Nachweisgrenzen somit < 2 µg/m³

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 13: Nachweisgrenze (am Display abgelesene Werte)

		Gerät SN 285	Gerät SN 288
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte x	µg/m³	0,05	0,09
Standardabweichung der Werte s	µg/m³	0,14	0,36
Nachweisgrenze 3 s	µg/m³	0,41	1,08

Tabelle 14: Nachweisgrenze (errechnete Messwerte)

		Gerät SN 285	Gerät SN 288
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte x	µg/m³	-0,08	0,01
Standardabweichung der Werte s	µg/m³	0,32	0,43
Nachweisgrenze 3 s	µg/m³	0,96	1,29

Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Nachweisgrenze können der Anlage 1 im Anhang entnommen werden.

6.1 5.2.6 Einstellzeit

Die Einstellzeit (90%-Zeit) der Messeinrichtung darf nicht mehr als 5 % der Mittelungszeit (180 s) betragen.

Gemäß VDI 4203 Blatt 3 unter Punkt 4.4.1 ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen mit Vorabscheidung mit physikalischer Messmethode nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.2.7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur

Die Temperaturabhängigkeit des Nullpunkt-Messwertes darf bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C den Bezugswert B_0 nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 bis +40 °C, schwebstaubfreie Luft.

6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben. Den beiden Testgeräten SN 285 und SN 248 wurde schwebstaubfreie Probenluft zugeführt. Die Umgebungstemperaturen in der Klimakammer wurden in der Reihenfolge 20 °C – 10 °C – 5 °C – 10 °C – 20 °C – 30 °C – 40 °C – 30 °C – 20 °C in dreifacher Wiederholung variiert. Die Probenahmezeit betrug pro Temperaturstufe 24h. Die relative Feuchte wurde konstant gehalten.

6.4 Auswertung

Es wurden die Messwerte für die Konzentration aus der Geräteanzeige sowie die, gemäß Kapitel 3.1 aus dem Betastrahlenfluss vor und nach der Probenahme (F_{blank},$F_{collect}$, im Speicher abgelegt als Blank [cpm] und Collect [cpm]), errechneten Messwerte aufgezeichnet. Betrachtet wird die absolute Abweichung in µg/m³ pro Temperaturschritt bezogen auf den Ausgangspunkt von 20 °C.

Bezugswert: VDI: B_0 = 2 µg/m³.

6.5 Bewertung

Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte kein Einfluss der Umgebungstemperatur auf den Nullpunkt festgestellt werden.
Bei Betrachtung der aus den cpm errechneten Werte ergaben sich maximale Abweichungen von 0,42 µg/m³ für Gerät 1 (SN 285) bzw. von -0,48 µg/m³ für Gerät 2 (SN 288).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 15: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in µg/m³, Mittelwert aus drei Messungen (5 °C und 40 °C) bzw. sechs Messungen (10 °C und 30 °C), Messwerte am Display abgelesen

Temperatur		Abweichung	
Anfangstemperatur	Endtemperatur	Gerät 1 (SN 285)	Gerät 2 (SN 288)
°C	°C	µg/m³	µg/m³
20	10	0	0
20	5	0	0
20	30	0	0
20	40	0	0

Tabelle 16: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in µg/m³, Mittelwert aus drei Messungen (5 °C und 40 °C) bzw. sechs Messungen (10 °C und 30 °C), Messwerte errechnet

Temperatur		Abweichung	
Anfangstemperatur	Endtemperatur	Gerät 1 (SN 285)	Gerät 2 (SN 288)
°C	°C	µg/m³	µg/m³
20	10	-0,05	0,17
20	5	-0,13	0,19
20	30	0,05	-0,02
20	40	-0,42	-0,48

Auch in den Einzelstufen konnten keine Abweichungen > -0,67 µg/m³ ermittelt werden. Die Ergebnisse der 3 Einzelmessungen können der Anlage 3 im Anhang entnommen werden.

6.1 5.2.8 Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur

Die Temperaturabhängigkeit des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B_1 darf nicht mehr als ± 5 % des Messwertes bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 - +40 °C, Referenzfolien + Auswertesoftware (Long).

6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Messwerte von der Umgebungstemperatur wurden die Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben. Um eine Überprüfung der Empfindlichkeit zu ermöglichen wurden die Geräte mit einer, vom Hersteller gelieferten, speziellen Software und vier verschiedene Referenzfolien mit definierten Massen betrieben. Diese Prozedur wird vom Gerätehersteller zur Überprüfung der Linearität der radiometrischen Messung eingesetzt.

Hinweis: Die Software zur Überprüfung der Empfindlichkeit ist bei der modifizierten Variante OPSIS SM 200 (Neu) in einem verborgenen Servicemenü direkt implementiert.

Die Umgebungstemperaturen in der Klimakammer wurden in der Reihenfolge 20 °C – 10 °C – 5 °C – 10 °C – 20 °C – 30 °C – 40 °C – 30 °C – 20 °C in dreifacher Wiederholung variiert. Die relative Feuchte wurde konstant gehalten.

6.4 Auswertung

Betrachtet wird die prozentuale Änderung des ermittelten Massenwertes für jeden Temperaturschritt bezogen auf den Ausgangspunkt bei 20 °C.

Als Anmerkung sei erwähnt, dass mit Hilfe der Referenzfolien nur Massenwerte, und keine Konzentrationswerte simuliert werden konnten, eine Betrachtung im Bereich des B_1 (= 40 µg/m³) war aus diesem Grunde nicht möglich.

6.5 Bewertung

Es konnten keine Abweichungen > -0,58 % (Gerät 1 (SN 285)) bzw. > -1,22 % (Gerät 2 (SN 288)) zum Ausgangswert bei 20 °C ermittelt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 17: Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur SN 285, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen (5 °C und 40 °C) bzw. sechs Messungen (10 °C und 30 °C)

Temperatur		Abweichung (SN 285)			
Anfangstemperatur °C	Endtemperatur °C	Folie 1 %	Folie 2 %	Folie 3 %	Folie 4 %
20	10	-0,51	-0,24	-0,08	-0,06
20	5	-0,34	-0,1	0,09	0,04
20	30	0,03	0,13	-0,11	-0,02
20	40	-0,58	-0,38	-0,56	-0,39

Tabelle 18: Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur SN 288, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen (5 °C und 40 °C) bzw. sechs Messungen (10 °C und 30 °C)

Temperatur		Abweichung (SN 288)			
Anfangstemperatur °C	Endtemperatur °C	Folie 1 %	Folie 2 %	Folie 3 %	Folie 4 %
20	10	0,45	0,39	0,36	0,24
20	5	0,52	0,41	0,40	0,31
20	30	-0,61	-0,38	-0,34	-0,24
20	40	-1,22	-0,89	-0,78	-0,52

Auch in den Einzelstufen wurden keine Abweichungen > -1,98 % gefunden. Die Einzelergebnisse können der Anlage 4 im Anhang entnommen werden.

6.1 5.2.9 Nullpunktsdrift

Die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes darf in 24 h und im Wartungsintervall den Bezugswert B_0 nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte im Rahmen des Feldtestes über einen Zeitraum von ca. 9 Monaten. Die im Prüfkatalog geforderte tägliche Nullpunktskontrolle ist bei dieser Staubmesseinrichtung nicht möglich. Die Messeinrichtungen wurden deshalb für diese Prüfaufgabe einmal im Monat für eine Probenahmezeit von 24 h ohne Pumpe betrieben. Die abgeschiedene Masse auf dem Filter wurde wie bei einer normalen Probennahme bestimmt.

Gemäß den Beziehungen aus Kapitel 3.1 kann aus dem Betastrahlenfluss vor und nach der Probenahme ($F_{blank,}$ $F_{collect}$, im Speicher abgelegt als Blank [cpm] und Collect [cpm]) bei bekannter beaufschlagter Oberfläche und bekanntem K(x) (Herstellerangabe) die abgeschiedene Masse auf dem Filter errechnet werden.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurde diese Prüfung analog der oben genannten Vorgehensweise auch am Standort „Furulund" durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgt auf Basis der Ergebnisse für die ermittelten Massen bei Betrieb der Messeinrichtung ohne Pumpe durch Vergleich der jeweiligen Werte mit den jeweiligen „Messwerten" des vorherigen Tests und mit dem „Messwert" des ersten Tests.

6.5 Bewertung

Die gefundenen Messwerte liegen alle innerhalb der erlaubten Grenzen.

Die gefundenen Messwerte liegen alle innerhalb der erlaubten Abweichungsgrenzen. Einzig am 24.06. bzw. 25.06.2002 lagen die Werte außerhalb des erlaubten Toleranzbereiches. Eine Erklärung für dieses unübliche Verhalten konnte trotz intensiver Recherche nicht gefunden werden. Auf Grund der Koinzidenz der beiden Ereignisse, vermuten wir einen äußeren Einfluss. Zusammenfassend muss aber gesagt werden, dass die Messeinrichtung die Anforderungen bezüglich der Nullpunktdrift vollständig erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 19 und Tabelle 20 enthalten die ermittelten Messwerte für den Nullpunkt und die errechneten Abweichungen bezogen auf den Vorgängerwert und bezogen auf den Startwert in µg/m³.
Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen eine grafische Darstellung der Nullpunktsdrift über den Untersuchungszeitraum.

Die Ergebnisse aus der Ergänzungsprüfung sind in Tabelle 21 und in Tabelle 22 sowie in Abbildung 24 und Abbildung 25 zu finden.

Tabelle 19: Nullpunktdrift SN 285

Datum	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	µg/m³	µg/m³	µg/m³
17.04.2002	- 0,83	-	-
20.05.2002	1,08	1,91	1,91
25.06.2002	-3,23	-4,31	-2,40
21.07.2002	0,93	4,16	1,76
02.09.2002	1,06	0,13	1,89
27.09.2002	0,39	-0,67	1,22
18.11.2002	-0,36	-0,75	0,47
07.01.2003	0,39	0,75	1,22

Tabelle 20: Nullpunktdrift SN 288

Datum	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	µg/m³	µg/m³	µg/m³
17.04.2002	- 0,91	-	-
21.05.2002	0,77	1,68	1,68
24.06.2002	-3,05	-3,96	-2,14
19.07.2002	-0,27	2,78	0,64
30.08.2002	0,55	0,82	1,46
26.09.2002	0,56	0,01	1,47
16.11.2002	1,19	0,63	2,1
06.01.2003	0,54	-0,65	1,45

Tabelle 21: Nullpunktdrift SN 1110

Datum	Messwert	Abweichung zum Vorgänger-wert	Abweichung zum Startwert
	µg/m³	µg/m³	µg/m³
17.01.2005	0,42	-	-
17.02.2005	0,56	0,14	0,14
23.03.2005	-0,59	-1,15	-1,01
18.04.2005	-0,25	0,34	-0,67

Tabelle 22: Nullpunktdrift SN 1112

Datum	Messwert	Abweichung zum Vorgänger-wert	Abweichung zum Startwert
	µg/m³	µg/m³	µg/m³
17.01.2005	1,41	-	-
18.02.2005	-0,14	-1,55	-1,55
23.03.2005	0,05	0,19	-1,36
15.04.2005	-0,24	-0,29	-1,65

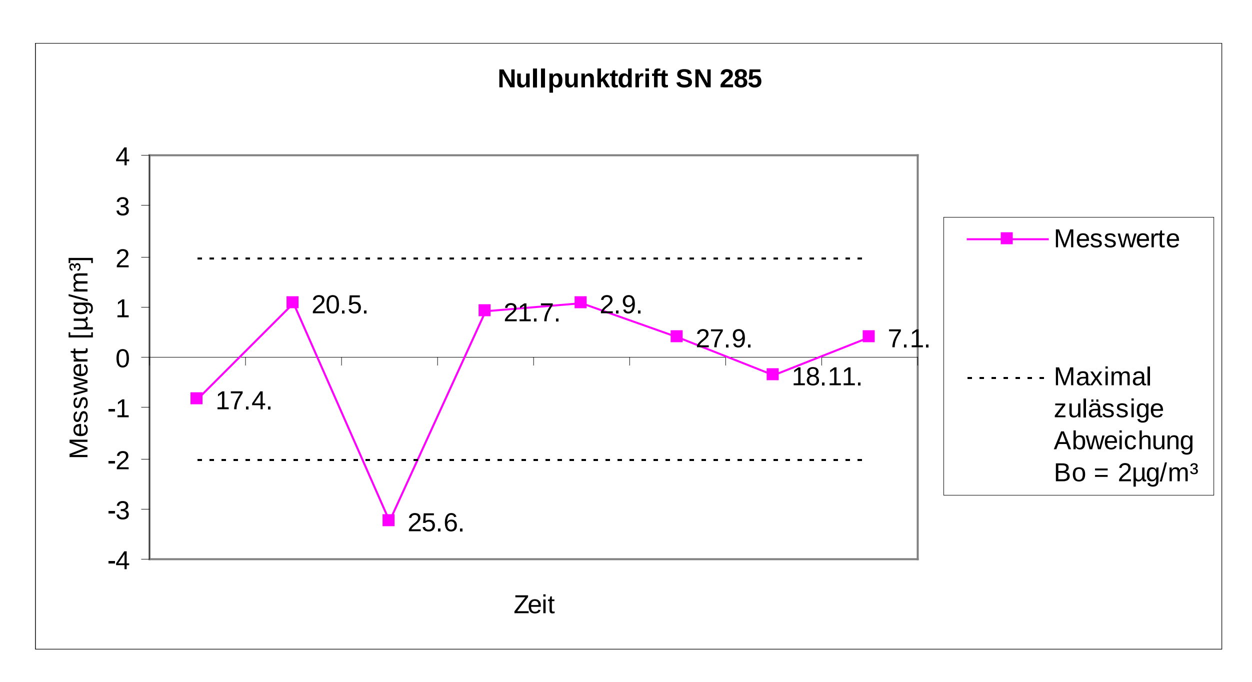


Abbildung 22: Nullpunktdrift SN 285

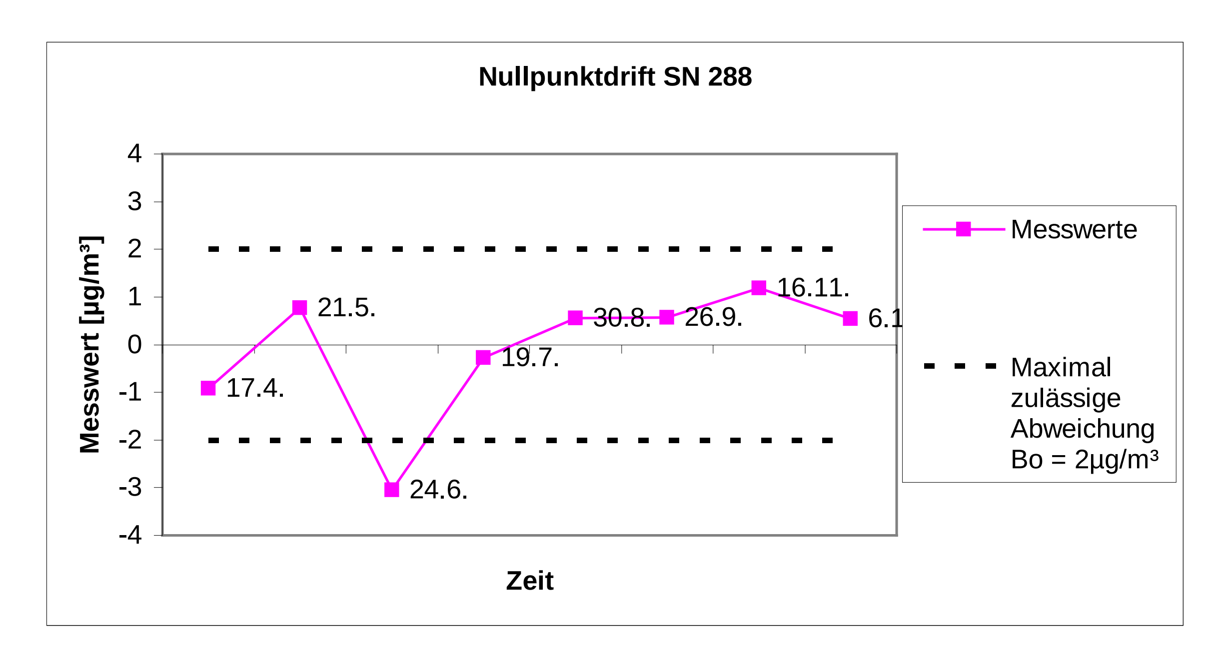


Abbildung 23: Nullpunktdrift SN 288



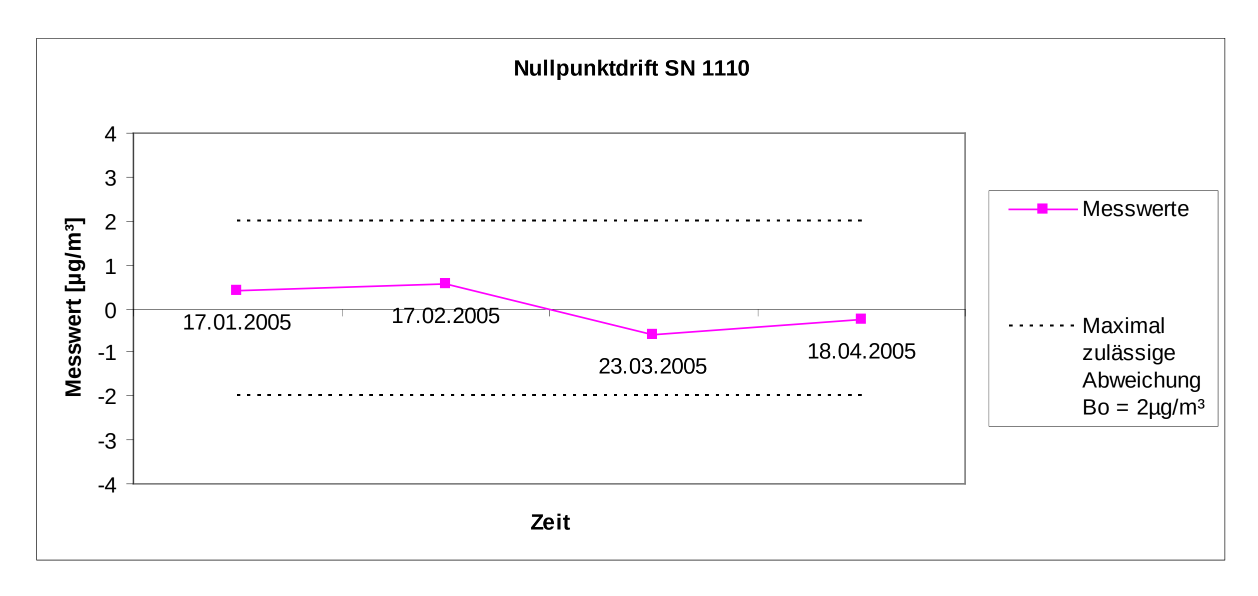


Abbildung 24: Nullpunktdrift SN 1110

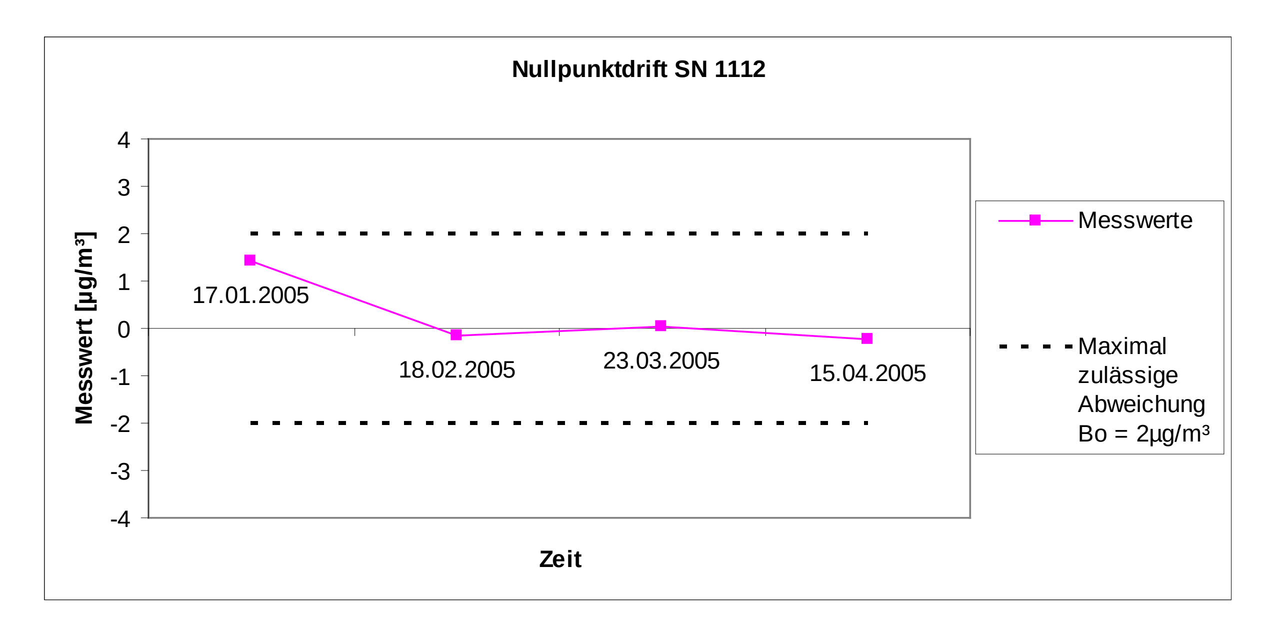


Abbildung 25: Nullpunktdrift SN 1112

6.1 5.2.10 Drift des Messwertes

Die zeitliche Änderung des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B_1 darf in 24 Stunden und im Wartungsintervall ± 5 % von B_1 nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Referenzfolien + Auswertesoftware (Long).

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte in etwa monatlich im Rahmen des Feldtestes über einen Zeitraum von ca. 9 Monaten. Um eine Überprüfung der Empfindlichkeit zu ermöglichen, werden die Geräte mit einer, vom Hersteller gelieferten, speziellen Software und vier verschiedenen Referenzfolien mit definierten Massen betrieben. Diese Prozedur wird vom Gerätehersteller zur Überprüfung der Linearität der radiometrischen Messung eingesetzt.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurde diese Prüfung analog der oben genannten Vorgehensweise auch am Standort „Furulund“ durchgeführt.

Hinweis: Die Software zur Überprüfung der Empfindlichkeit ist bei der modifizierten Variante OPSIS SM 200 (Neu) in einem verborgenen Servicemenü direkt implementiert.

6.4 Auswertung

Eine Beurteilung der Drift des Messwertes in 24 h ist gerätebedingt nicht möglich.

Betrachtet wird die prozentuale Änderung des ermittelten Massenwertes im Wartungsintervall von 1 Monat.

Als Anmerkung sei erwähnt, dass mit Hilfe der Referenzfolien nur Massenwerte, und keine Konzentrationswerte simuliert werden konnten, eine Betrachtung im Bereich des B_1 (= 40 µg/m³) war aus diesem Grunde nicht möglich.

6.5 Bewertung

Die Drift des Messwertes betrug im Wartungsintervall maximal 3,14 % (SN285) bzw. 2,4 % (SN 288). Im Rahmen der Ergänzungsprüfung betrug die maximale Drift am Messwert -0,34 % (SN 1110) bzw. -0,80 % (SN 1112) .

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In der Tabelle 23 und Tabelle 24 sind die Abweichungen der Messwerte in % vom jeweiligen Vorgängerwert aufgeführt. Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen eine grafische Darstellung der Drift der Messwerte für alle 4 Referenzfolien.

Die Ergebnisse der Ergänzungsprüfung sind in Tabelle 25 und in Tabelle 26 sowie in Abbildung 28 und in Abbildung 29 zu finden.

Tabelle 23: Drift des Messwertes SN 285

Datum	Abweichung (SN 285)			
	Folie 1 %	Folie 2 %	Folie 3 %	Folie 4 %
10.04.2002	0	0	0	0
21.05.2002	0,30	0,63	0,24	0,25
24.06.2002	0,56	-0,01	0,28	0,18
19.07.2002	-3,41	-2,40	-0,75	-1,18
30.08.2002	-0,19	0,30	-0,07	0,13
26.09.2002	-0,15	-0,50	-0,17	-0,13
16.11.2002	1,77	1,24	0,67	0,54
06.01.2003	0,82	0,55	0,44	0,20

Tabelle 24: Drift des Messwertes SN 288

Datum	Abweichung (SN 288)			
	Folie 1 %	Folie 2 %	Folie 3 %	Folie 4 %
11.04.2002	0	0	0	0
20.05.2002	-0,15	-0,03	0,15	0,07
25.06.2002	-0,16	-0,09	0,07	0,18
21.07.2002	-2,28	-1,78	-0,53	-0,96
01.09.2002	0,73	0,55	0,29	0,25
27.09.2002	-0,45	-0,43	-0,14	-0,19
18.11.2002	2,44	1,94	1,13	0,80
07.01.2003	-0,16	-0,12	-0,19	0,00

Tabelle 25: Drift des Messwertes SN 1110

Datum	Abweichung (SN 1110)			
	Folie 1 %	Folie 2 %	Folie 3 %	Folie 4 %
16.12.2004	-	-	-	-
17.01.2005	0,12	0,16	0,01	0,05
17.02.2005	-0,34	-0,02	0,01	0,02
24.03.2005	0,16	0,04	0,28	0,06
19.04.2005	0,20	0,15	-0,05	0,01

Tabelle 26: Drift des Messwertes SN 1112

Datum	Abweichung (SN 1112)			
	Folie 1 %	Folie 2 %	Folie 3 %	Folie 4 %
16.12.2004	-	-	-	-
17.01.2005	0,06	0,27	0,01	0,07
17.02.2005	0,56	-0,24	-0,07	-0,06
24.03.2005	-0,80	-0,02	0,27	0,09
19.04.2005	0,17	0,04	0,05	0,03



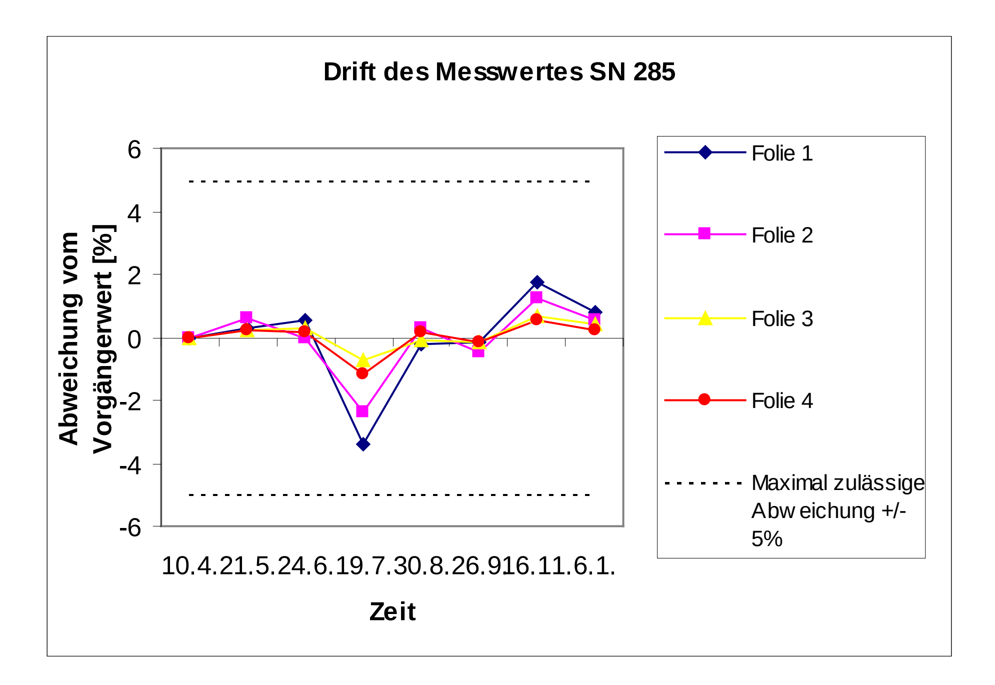


Abbildung 26: Drift des Messwertes SN285

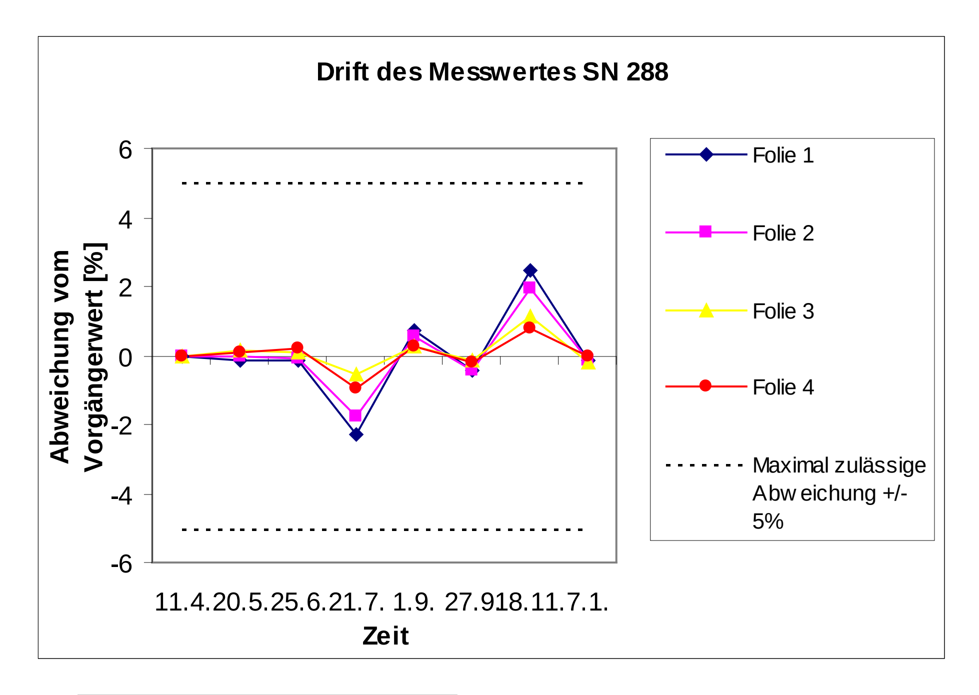


Abbildung 27: Drift des Messwertes SN 288

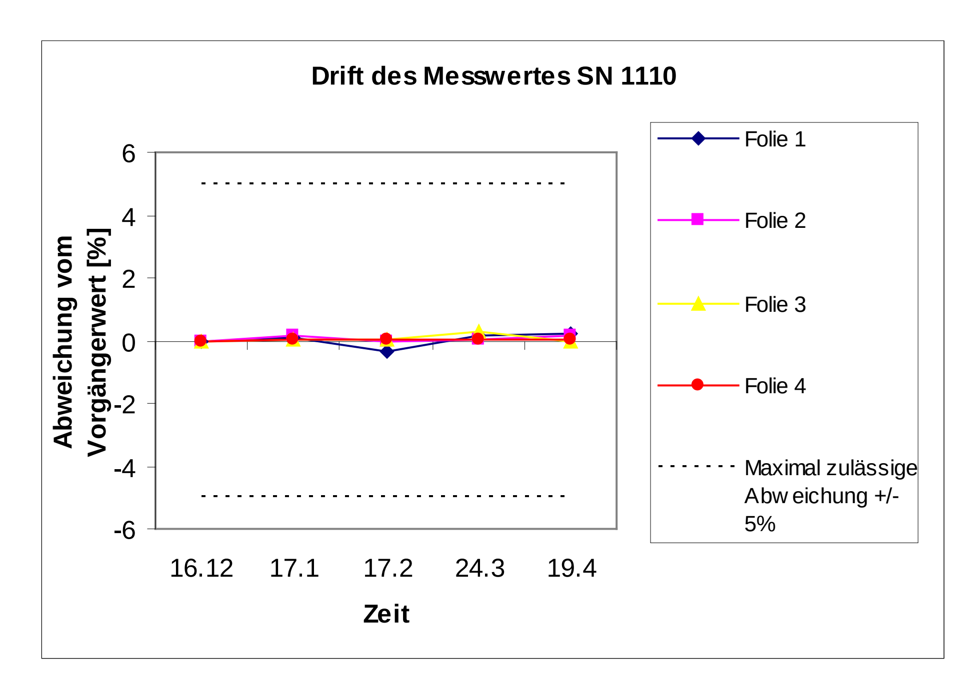


Abbildung 28: Drift des Messwertes SN 1110

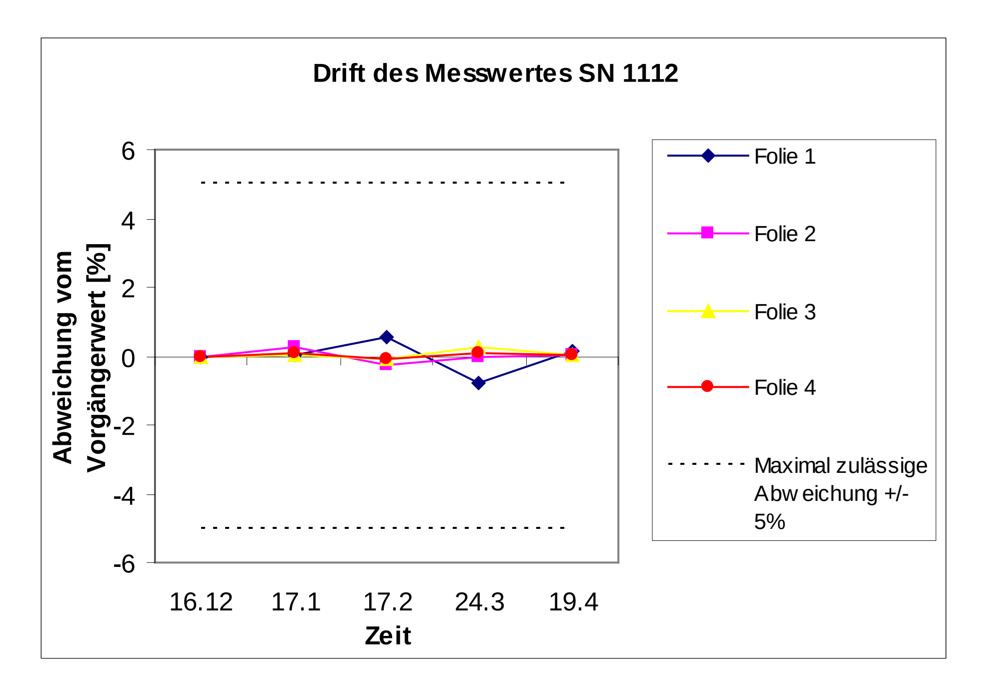


Abbildung 29: Drift des Messwertes SN 1112

6.1 5.2.11 Querempfindlichkeit

Die Absolutwerte der Summen der positiven bzw. negativen Abweichungen aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen dürfen im Bereich des Nullpunktes nicht mehr als B_0 und im Bereich von B_2 nicht mehr als 3 % von B_2 betragen. Die Konzentration des Begleitstoffes wird im Bereich des jeweiligen B_2-Wertes des Begleitstoffes eingesetzt. Sind keine entsprechenden Bezugswerte bekannt, so ist ein geeigneter Bezugswert durch das Prüfinstitut im Einvernehmen mit den anderen Prüfinstituten festzulegen und anzugeben.

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant. Es gilt die Mindestanforderung 5.3.4. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen finden sich deshalb im Modul 5.3.4.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.2.12 Reproduzierbarkeit

Die Reproduzierbarkeit R_D der Messeinrichtung ist aus Doppelbestimmungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen zu ermitteln und darf den Wert 10 nicht unterschreiten. Als Bezugswert ist B_1 zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei der Ermittlung der Reproduzierbarkeit kamen zusätzlich die in Kapitel 5 genannten Messeinrichtungen zum Einsatz.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Reproduzierbarkeit ist definiert als der Betrag, um den sich zwei zufällig ausgewählte Einzelwerte, die unter Vergleichsbedingungen gewonnen wurden, höchstens unterscheiden. Die Reproduzierbarkeit wurde mit zwei identischen und parallel betriebenen Geräten im Feldtest bestimmt. Dazu wurden Messdaten aus der gesamten Felduntersuchung herangezogen.

Da im Rahmen der Ergänzungsprüfung Vergleichsmessungen zwischen SM 200 (Neu) und SM 200 (Alt) durchgeführt wurden, wurden die hier erhaltenen Messdaten ebenfalls ausgewertet.

6.4 Auswertung

Die Reproduzierbarkeit berechnet sich wie folgt:

$$R = \frac{B_1}{U} \geq 10 \qquad \text{mit} \qquad U = \pm s_D \cdot t_{(n;0,95)} \quad \text{und} \quad s_D = \sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_{1i} - x_{2i})^2}$$

- R = Reproduzierbarkeit bei B_1
- U = Unsicherheit
- B_1 = 40 µg/m³ (VDI)
- s_D = Standardabweichung aus Doppelbestimmungen
- n= Anzahl der Doppelbestimmungen
- $t_{(n;0,95)}$ = Studentfaktor für 95%ige Sicherheit
- x_{1i} = Messsignal des Gerätes 1 (z.B. SN 285) bei der i-ten Konzentration
- x_{2i} = Messsignal des Gerätes 2 (z.B. SN 288) bei der i-ten Konzentration

.

6.5 Bewertung

Die Reproduzierbarkeit betrug im Feldtest minimal 10 – 16. Im Rahmen der Ergänzungsprüfung betrug die Reproduzierbarkeit minimal 12.

Mindestanforderung erfüllt? ja



6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Tabelle 27 und in Tabelle 28 zusammenfassend dargestellt. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 43 bis Abbildung 50.

Anmerkung: Die ermittelten Unsicherheiten werden auf den Bezugswert B_1 für jeden Standort bezogen:

Tabelle 27: Konzentrationsmittelwerte, Standardabweichung, Unsicherheitsbereich und Reproduzierbarkeit im Feld

Standort	Anzahl	$\bar{c}$ (SN 285)	$\bar{c}$ (SN 288)	$\bar{c}_{ges}$	s_D	t	U	R
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	
Parkplatzgelände Köln	39	27,15	27,51	27,33	1,956	2,023	3,957	10
Wesseling	62	29,89	30,12	30,01	1,445	1,999	2,889	14
Mechernich	114	19,46	19,32	19,39	1,281	1,981	2,538	16
Brühl	45	19,54	18,86	19,20	1,380	2,014	2,779	14

- $\bar{c}$ (SN 285): Mittelwert der Konzentrationen Gerät SN 285
- $\bar{c}$ (SN 288): Mittelwert der Konzentrationen Gerät SN 288
- $\bar{c}_{ges}$: Mittelwert der Konzentrationen der Geräte SN 285 & SN 288

Tabelle 28: Konzentrationsmittelwerte, Standardabweichung, Unsicherheitsbereich und Reproduzierbarkeit im Feld, Standort Furulund

Standort	Anzahl	$\bar{c}$ (G1)	$\bar{c}$ (G2)	$\bar{c}_{ges}$	s_D	t	U	R
Furulund		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	
SN 1110 vs. SN 1112	104	18,12	18,63	18,38	1,142	1,983	2,265	18
SN 1110 vs. SN 276	80	18,14	18,71	18,43	1,654	1,990	3,291	12
SN 1112 vs. SN 276	80	18,53	18,71	18,62	1,412	1,990	2,810	14

Einzelwerte können der Anlage 9 sowie der Anlage 14 des Anhangs entnommen werden.

6.1 5.2.13 Stundenwerte

Das Messverfahren muss die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Uhr.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob die Messeinrichtung die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglicht.

6.4 Auswertung

Gemäß der gültigen Richtlinie [7] sind die Grenzwerte für Feinstaub PM10 auf einen minimalen Mittelungszeitraum von 24 Stunden bezogen. Eine Bildung von Stundenmittelwerten ist deshalb für Messeinrichtungen zur Überwachung dieses Grenzwertes nicht erforderlich. Im üblichen Betrieb liefern die Messeinrichtungen deshalb einen Messwert pro 24 h. Minimal sind aber Mittlungszeiten von 8 Stunden möglich.

6.5 Bewertung

Die Bildung von Stundenwerten für die Komponente Feinstaub PM10 ist zur Überwachung der einschlägigen Grenzwerte nicht erforderlich.

Mindestanforderung erfüllt? nicht zutreffend

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.14 Netzspannung und Netzfrequenz

Die Änderung des Messwertes beim Bezugswert B_1 durch die im elektrischen Netz üblicherweise auftretende Änderung der Spannung im Intervall (230 +15/-20) V darf nicht mehr als B_0 betragen. Weiterhin darf im mobilen Einsatz die Änderung des Messwertes durch Änderung der Netzfrequenz im Intervall (50 ± 2) Hz nicht mehr als B_0 betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Trennstelltrafo, Generator zur Variation der Netzfrequenz, Referenzfolien + Auswertesoftware (Long).

6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Messsignals von der Netzspannung, wurde die Netzspannung ausgehend von 230 V auf 210 V reduziert und anschließend über die Zwischenstufe 230 V auf 245 V erhöht. Um eine Überprüfung der Empfindlichkeit zu ermöglichen, wurden die Geräte mit einer, vom Hersteller gelieferten, speziellen Software und vier verschiedenen Referenzfolien mit definierten Massen betrieben. Diese Prozedur wird vom Gerätehersteller zur Überprüfung der Linearität der radiometrischen Messung eingesetzt.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Messsignals von der Netzfrequenz, wurde die Netzfrequenz ausgehend von 50 Hz auf 48 Hz reduziert und anschließend über die Zwischenstufe 50 Hz auf 52 Hz erhöht. Die Überprüfung der Empfindlichkeit erfolgte analog zum Vorgehen bei der Untersuchung der Netzspannungsabhängigkeit.

6.4 Auswertung

Mit Hilfe der Referenzfolien können nur Massenwerte und keine Konzentrationswerte simuliert werden. Eine direkte Betrachtung im Konzentrationsbereich des B_1 (40 µg/m³) war aus diesem Grunde nicht möglich.

Die Auswertung erfolgte folgendermaßen:

Betrachtet wird die prozentuale Änderung des ermittelten Massenwertes pro Spannungsschritt, bzw. pro Netzfrequenzschritt. Auf Basis der Verhältnisse von B_0 (2 µg/m³) und B_1 (40 µg/m³) wurde die maximal erlaute Abweichung zu 5 % (2/40*100) berechnet.

6.5 Bewertung

Die Bewertung der Mindestanforderungen erfolgten auf Basis der oben genannten Angaben.

Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen > 0,56 % bei Gerät 1 (SN 285) bzw. > 0,77 % bei Gerät 2 (SN 288), bezogen auf den Vorgängerwert, festgestellt werden.
Durch Netzfrequenzänderungen konnten keine Abweichungen >-0,45 % bei Gerät 1 (SN 285) bzw. >-0,57 % bei Gerät 2 (SN 288), bezogen auf den Vorgängerwert, festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 29 und Tabelle 30 zeigen eine zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse.

Tabelle 29: Abhängigkeit der Messsignale von der Netzspannung, Abweichung in %

Netzspannung		Abweichung (SN 285)			
Anfangsspannung	Endspannung	Folie 1	Folie 2	Folie 3	Folie 4
V	V	%	%	%	%
230	210	0,56	0,46	0,25	0,27
230	245	0,47	0,44	0,36	0,14
Netzspannung		Abweichung (SN 288)			
Anfangsspannung	Endspannung	Folie 1	Folie 2	Folie 3	Folie 4
V	V	%	%	%	%
230	210	0,77	0,47	0,42	0,24
230	245	0,52	0,35	0,27	0,47

Tabelle 30: Abhängigkeit der Messsignale von der Netzfrequenz, Abweichung in %

Netzfrequenz		Abweichung (SN 285)			
Anfangsfrequenz	Endfrequenz	Folie 1	Folie 2	Folie 3	Folie 4
Hz	Hz	%	%	%	%
50	48	0,18	0,24	0,09	0,06
50	52	-0,39	-0,45	-0,16	0,11
Netzfrequenz		Abweichung (SN 288)			
Anfangsfrequenz	Endfrequenz	Folie 1	Folie 2	Folie 3	Folie 4
Hz	Hz	%	%	%	%
50	48	0,34	0,30	0,09	0,05
50	52	-0,57	-0,43	-0,24	0,11

Die Einzelergebnisse können der Anlage 5 im Anhang entnommen werden.

6.1 5.2.15 Stromausfall

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas unterbunden sein. Die Geräteparameter sind durch eine Pufferung gegen Verlust durch Netzausfall zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss das Gerät automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde ein Stromausfall simuliert und geprüft, ob das Gerät unbeschädigt bleibt und nach Wiedereinschalten der Stromversorgung wieder messbereit ist.

6.4 Auswertung

Da die Messgeräte zum Betrieb weder Betriebs-, noch Kalibriergase benötigen, ist ein unkontrolliertes Ausströmen von Gasen nicht möglich.

Für den Fall eines Netzausfalles werden zwei verschiedene Möglichkeiten unterschieden:

1) Bei einem Stromausfall, startet das Messgerät wieder automatisch und führt die Probenahme mit dem gleichen Filter fort. Die Ausfallzeit wird bei der Auswertung des Filters berücksichtigt und im Speicher bei den Daten zur jeweiligen Messung abgelegt.

2) Ein Filterwechsel nach einem Stromausfall erfolgt nur dann, wenn ein turnusmäßiger Filterwechsel (Cycletime !) innerhalb der Ausfallzeit liegt. Anhand der gespeicherten Daten ist der Filterwechsel sicher zu erkennen.

6.5 Bewertung

Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt.
Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.16 Gerätefunktionen

Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Modem, ComVisioner Software inkl. SM 200 Protokoll.

6.3 Durchführung der Prüfung

An die Messeinrichtung wurde ein Modem angeschlossen. Benötigt wird zusätzlich die Software OPSIS ComVisioner inklusive dem SM 200 Protokoll. Mittels Datenfernübertragung wurden u. a. die Statussignale des Gerätes erfasst.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht die vollständige telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung .

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtungen können über ein Modem von einem externen Rechner so gesteuert und überwacht werden, als wenn der Nutzer direkt am Gerät steht.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.17 Umschaltung

Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch durch rechnerseitige Steuerung und manuell auslösbar sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung in gleicher Art gesteuert werden.

6.4 Auswertung

Alle Testprozeduren können sowohl vom Bedienpersonal am Gerät, als auch durch telemetrische Fernbedienung ausgelöst werden.

Soweit allerdings bei den Prüfungen dem Gerät Referenzfolien angeboten werden müssen, setzt dieses die Anwesenheit des Bedienpersonals vor Ort voraus.

6.5 Bewertung

Grundsätzlich können alle Arbeiten zur Funktionskontrolle und Kalibrierung direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung durchgeführt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.18 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung muss mindestens 90 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Start- und Endzeitpunkt der Verfügbarkeitsuntersuchungen werden durch den Start- bzw. Endzeitpunkt an jedem der drei Feldteststandorte Wesseling / Mechernich / Brühl bestimmt. Dazu werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z. B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten erfasst.

Die Untersuchungen zur Verfügbarkeit wurden im Rahmen der Ergänzungsprüfung analog zu der vorhergehenden Prüfung auch für die modifizierte Variante OPSIS SM 200 (Neu) für den Zeitraum zwischen dem 18.12.2004 und dem 12.04.2005 durchgeführt.

6.4 Auswertung

Tabelle 31 und Tabelle 32 zeigen eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten. Es wurde eine Betrachtung ohne, sowie mit den prüfungsbedingten Ausfällen vorgenommen. 48 h Ausfallzeit entstanden durch zwei längerfristige Stromausfälle am Standort „Mechernich“. Bei Betrachtung der prüfungsbedingten Ausfälle erklärt sich die hohe Anzahl an Stunden zur Wartung durch die monatliche Überprüfung von Nullpunktdrift und Empfindlichkeitsdrift, die jeweils pro Gerät einen längeren Ausfall bedeuten. Diese Ausfälle sind allerdings nicht dem Gerät anzulasten, sondern sind durch die Prüfung selbst begründet.

Während der Ergänzungsprüfung wurde nur prüfungsbedingte Ausfälle registriert. Eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten sind in Tabelle 33 sowie in Tabelle 34 zu finden.

6.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit betrug für beide Geräte 97,8 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle, bzw. 90,6 % inkl. prüfungsbedingter Ausfälle. Im Rahmen der Ergänzungsprüfung betrug die Verfügbarkeit für beide Geräte 100 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle, bzw. 89,7 % inkl. prüfungsbedingter Ausfälle.

Mindestanforderung erfüllt? ja



6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 31: Ermittlung der Verfügbarkeit (ohne prüfungsbedingte Ausfälle)

		Gerät 1 (SN 285)	Gerät 2 (SN 288)
Einsatzzeit	h	5424	5424
Ausfallzeit	h	48	48
Wartungszeit	h	72	72
Tatsächliche Betriebszeit	h	5304	5304
Verfügbarkeit	%	97,8	97,8

Tabelle 32: Ermittlung der Verfügbarkeit (inkl. prüfungsbedingte Ausfälle)

		Gerät 1 (SN 285)	Gerät 2 (SN 288)
Einsatzzeit	h	5856	5856
Ausfallzeit	h	48	48
Wartungszeit	h	504	504
Tatsächliche Betriebszeit	h	5304	5304
Verfügbarkeit	%	90,6	90,6

Tabelle 33: Ermittlung der Verfügbarkeit (ohne prüfungsbedingte Ausfälle), Standort Furulund

		Gerät 1 (SN 1110)	Gerät 2 (SN 1112)
Einsatzzeit	h	2784	2784
Ausfallzeit	h	0	0
Wartungszeit	h	0	0
Tatsächliche Betriebszeit	h	2784	2784
Verfügbarkeit	%	100,0	100,0

Tabelle 34: Ermittlung der Verfügbarkeit (inkl. prüfungsbedingte Ausfälle), Standort Furulund

		Gerät 1 (SN 1110)	Gerät 2 (SN 1112)
Einsatzzeit	h	2784	2784
Ausfallzeit	h	0	0
Wartungszeit	h	288	288
Tatsächliche Betriebszeit	h	2496	2496
Verfügbarkeit	%	89,7	89,7



6.1 5.2.19 Konverterwirkungsgrad

Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad mindestens 95 % betragen.

Gemäß der Richtlinie VDI 4203 Blatt 3 Punkt 4.4.1 ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen mit Vorabscheidung mit physikalischer Messmethode zur Massenbestimmung nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.2.20 Wartungsintervall

Das Wartungsintervall der Messeinrichtung ist zu ermitteln und anzugeben. Das Wartungsintervall sollte möglichst 28 Tage, muss jedoch mindestens 14 Tage betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Bei dieser Mindestanforderung wurde untersucht, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für eine einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Driftbestimmung für Null- und Referenzpunkt gemäß Module 5.2.9 bzw. Modul 5.2.10 zur Ermittlung des Wartungsintervalls berücksichtigt.

6.4 Auswertung

Es konnten für die Messeinrichtungen in einem Zeitraum von 3 Monaten keine unzulässigen Driften festgestellt werden. Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt. Die Messeinrichtung besitzt einen Filtervorrat von 40 Filtern – d. h. theoretisch ist für das System ein Wartungsintervall von 40 Tagen möglich. Um eine einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung zu garantieren, sollten spätestens 1x pro Monat alle Gerätefunktionen überprüft werden (siehe auch Modul 4.1.2).

Innerhalb der Betriebszeit kann die Wartung auf die Kontrolle auf Verschmutzungen, etwaige Fehlermeldungen und Abweichungen in den Test zur Qualitätskontrolle beschränkt werden.

Werden Abweichungen in den geräteinternen Tests festgestellt und kann das Problem durch Maßnahmen gemäß Kapitel 7 des Bedienungshandbuches nicht gelöst werden, muss Kontakt zu einem Mitarbeiter der Herstellerfirma aufgenommen werden. Auch eine Neukalibrierung der Massenbestimmung und des Durchflusses kann ebenfalls nur durch einen Mitarbeiter der Herstellerfirma erfolgen.

6.5 Bewertung

Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 1 Monat.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die notwendigen Wartungsarbeiten können dem Module 4.1.2 dieses Berichtes und dem Kapitel 6 des Bedienhandbuchs entnommen werden.

6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochterrichtlinien zur Luftqualität [G11 bis G13] nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die erweiterte Gesamtunsicherheit der Messeinrichtung wurde für Einzelwerte im Bereich der Konzentration des Kurzzeitimmissionsgrenzwertes und für Mittelwerte im Bereich der Konzentrationen des Langzeitimmissionsgrenzwertes ermittelt. Die in der Eignungsprüfung ermittelten Verfahrensgrößen der Messeinrichtungen wurde zusammengestellt.

Die Gesamtunsicherheit wurde ebenfalls aus den Resultaten der Ergänzungsprüfung neu berechnet. Hierbei wurden die Verfahrenskenngrößen, die im Rahmen der Ergänzungsprüfung nicht neu geprüft wurden, durch den jeweils ungünstigsten Wert der jeweiligen Verfahrenskenngröße aus der Vorgängerprüfung abgeschätzt.

6.4 Auswertung

Die erweiterte Gesamtunsicherheit der Messeinrichtung wurde gemäß VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, Anhang C [1] ermittelt.

Bewertung

Zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheiten wurden die Einzelergebnisse zu den jeweiligen Prüfpunkten zusammenfassend bewertet. Soweit aus den einzelnen Untersuchungen mehrere unabhängige Ergebnisse zur Verfügung standen, wurde der jeweils ungünstigste Wert eingesetzt.

Die Gesamtunsicherheiten ergaben sich zu 15,4 % bzw. 15,1 % für U(c) und 10,6 % für beide Systeme für $U(\bar{c})$. Im Rahmen der Ergänzungsprüfung ergaben sich Gesamtunsicherheiten von 8,6 % bzw. 9,1 % für U(c) und 9,0 % für beide Systeme für $U(\bar{c})$.

Einzelwerte können Tabelle 35 bis Tabelle 42 entnommen werden. Die erreichten Werte liegen alle unterhalb der in der geforderten Gesamtunsicherheiten von 25 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 35: Erweiterte Messunsicherheit U(c) für die Messeinrichtung SN 285 Bezugswert: 50 µg/m³

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 285	Anforderung	Ergebnis	Unsicherheit	Quadrat der Unsicherheit
			µg/m³	(µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	10	2,000	4,000
Vertrauensbereich CI_{95} nach EN 12341	≤ 5 µg/m³	3,96 µg/m³	2,286	5,227
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 2 µg/m³	–0,42 µg/m³	-0,242	0,059
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	≤ 2 µg/m³	–0,23 µg/m³	-0,134	0,018
Drift am Nullpunkt	≤ 2 µg/m³	–3,23 µg/m³	-1,865	3,478
Drift des Messwertes	≤ 2 µg/m³	1,36 µg/m³	0,788	0,621
Netzspannung	≤ 2 µg/m³	0,22 µg/m³	0,129	0,017
Querempfindlichkeiten	≤ 6 µg/m³	0 µg/m³	0,000	0,000
Unsicherheit des Prüfstandards	≤ 1 µg/m³	2 µg/m³	1,155	1,333
			$\sum_K u^2(c_K)$	14,753
			$U(c) = 2\,u(c)$	µg/m³
				7,682
			$\frac{U(c)}{l_2}$	15,4%



Tabelle 36: Erweiterte Messunsicherheit U(c) für die Messeinrichtung SN 288 Bezugswert: 50 µg/m³

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 288	**Anforderung**	**Ergebnis**	**Unsicherheit**	**Quadrat der Unsicherheit**
			µg/m³	(µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	10	2,000	4,000
Vertrauensbereich CI_{95} nach EN 12341	≤ 5 µg/m³	3,96 µg/m³	2,286	5,227
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 2 µg/m³	0,48 µg/m³	-0,277	0,077
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	≤ 2 µg/m³	–0,49 µg/m³	-0,282	0,079
Drift am Nullpunkt	≤ 2 µg/m³	3,05 µg/m³	-1,761	3,101
Drift des Messwertes	≤ 2 µg/m³	0,97 µg/m³	0,562	0,316
Netzspannung	≤ 2 µg/m³	0,31 µg/m³	0,178	0,032
Querempfindlichkeiten	≤ 6 µg/m³	0,11 µg/m³	0,064	0,004
Unsicherheit des Prüfstandards	≤ 1 µg/m³	2 µg/m³	1,155	1,333
			$\sum_K u^2(c_K)$	14,169
			$U(c) = 2u(c)$	µg/m³ 7,528
			$\frac{U(c)}{l_2}$	15,1%

Tabelle 37: *Erweiterte Messunsicherheit U ($\bar{c}$) für die Messeinrichtung SN 285 Bezugswert: 40 µg/m³*

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 285	**Unsicherheit (Einzelwert)**	**Zeitbasis**	**Anzahl** n_K	**Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)**
	µg/m³			(µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	2,000	24 Stunden	365	0,011
Vertrauensbereich CI_{95} nach EN 12341	2,286	1 Jahr	1	5,227
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	-0,242	1 Jahr	1	0,059
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	-0,134	1 Jahr	1	0,018
Drift am Nullpunkt	-1,865	1 Monat	12	0,290
Drift des Messwertes	0,788	1 Monat	12	0,052
Netzspannung	0,129	1 Jahr	1	0,017
Querempfindlichkeiten	0,000	1 Jahr	1	0,000
Unsicherheit des Prüfstandards	1,155	1 Jahr	1	1,333
			$\sum_K u_M^2(c_K)$	7,007
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	µg/m³ 5,294
			$\frac{U(\bar{c})}{l_1}$	10,6%



Tabelle 38: Erweiterte Messunsicherheit U ($\bar{c}$) für die Messeinrichtung SN 288 Bezugswert: 40 µg/m³

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 288	**Unsicherheit (Einzelwert)**	**Zeitbasis**	**Anzahl** n_K	**Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)**
	µg/m³			(µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	2,000	24 Stunden	365	0,011
Vertrauensbereich CI_{95} nach EN 12341	2,286	1 Jahr	1	5,227
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	-0,277	1 Jahr	1	0,077
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	-0,282	1 Jahr	1	0,079
Drift am Nullpunkt	-1,761	1 Monat	12	0,258
Drift des Messwertes	0,562	1 Monat	12	0,026
Netzspannung	0,178	1 Jahr	1	0,032
Querempfindlichkeiten	0,064	1 Jahr	1	0,004
Unsicherheit des Prüfstandards	1,155	1 Jahr	1	1,333
			$\sum_K u_M^2(c_K)$	7,048
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	µg/m³ 5,310
			$\frac{U(\bar{c})}{l_1}$	10,6%

Tabelle 39: Erweiterte Messunsicherheit U(c) für die Messeinrichtung SN 1110 Bezugswert: 50 µg/m³

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 1110	Anforderung	Ergebnis	Unsicherheit	Quadrat der Unsicherheit
			µg/m³	(µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	18	1,111	1,234
Vertrauensbereich CI_{95} nach EN 12341	≤ 5 µg/m³	2,27 µg/m³	1,311	1,719
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt*	≤ 2 µg/m³	0,48 µg/m³	0,277	0,077
Temperaturabhängigkeit des Messwertes*	≤ 2 µg/m³	–0,49 µg/m³	-0,283	0,080
Drift am Nullpunkt	≤ 2 µg/m³	–0,59 µg/m³	-0,341	0,116
Drift des Messwertes	≤ 2 µg/m³	-0,14µg/m³	-0,079	0,006
Netzspannung*	≤ 2 µg/m³	0,31 µg/m³	0,178	0,032
Querempfindlichkeiten*	≤ 6 µg/m³	0,11µg/m³	0,064	0,004
Unsicherheit des Prüfstandards*	≤ 1 µg/m³	2 µg/m³	1,155	1,333
			$\sum_K u^2(c_K)$	4,601
			$U(c) = 2\,u(c)$	µg/m³
				4,290
			$\frac{U(c)}{l_2}$	8,6%

* ungünstigstes Ergebnis aus Eignungsprüfung OPSIS SM 200 (Alt)

Tabelle 40: Erweiterte Messunsicherheit U(c) für die Messeinrichtung SN 1112 Bezugswert: 50 µg/m³

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 1112	**Anforderung**	**Ergebnis**	**Unsicherheit**	**Quadrat der Unsicherheit**
			µg/m³	(µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	≥ 10	18	1,111	1,234
Vertrauensbereich CI_{95} nach EN 12341	≤ 5 µg/m³	2,27 µg/m³	1,311	1,719
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt*	≤ 2 µg/m³	0,48 µg/m³	0,277	0,077
Temperaturabhängigkeit des Messwertes*	≤ 2 µg/m³	–0,49 µg/m³	-0,282	0,079
Drift am Nullpunkt	≤ 2 µg/m³	1,41 µg/m³	0,814	0,663
Drift des Messwertes	≤ 2 µg/m³	-0,32 µg/m³	-0,185	0,034
Netzspannung*	≤ 2 µg/m³	0,31 µg/m³	0,178	0,032
Querempfindlichkeiten*	≤ 6 µg/m³	0,11 µg/m³	0,064	0,004
Unsicherheit des Prüfstandards*	≤ 1 µg/m³	2 µg/m³	1,155	1,333
			$\sum_K u^2(c_K)$	5,175
			$U(c) = 2u(c)$	µg/m³ 4,550
			$\frac{U(c)}{l_2}$	9,1%

* ungünstigstes Ergebnis aus Eignungsprüfung OPSIS SM 200 (Alt)

Tabelle 41: Erweiterte Messunsicherheit $U(\bar{c})$ für die Messeinrichtung SN 1110 Bezugswert: 40 µg/m³

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 1110	**Unsicherheit (Einzelwert)**	**Zeitbasis**	**Anzahl** n_K	**Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)**
	µg/m³			(µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	1,111	24 Stunden	365	0,000
Vertrauensbereich CI_{95} nach EN 12341	1,311	1 Jahr	1	1,719
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt*	0,277	1 Jahr	1	0,077
Temperaturabhängigkeit des Messwertes*	-0,283	1 Jahr	1	0,080
Drift am Nullpunkt	-0,341	1 Monat	12	0,000
Drift des Messwertes	-0,079	1 Monat	12	0,000
Netzspannung*	0,178	1 Jahr	1	0,032
Querempfindlichkeiten*	0,064	1 Jahr	1	0,004
Unsicherheit des Prüfstandards*	1,155	1 Jahr	1	1,333
			$\sum_K u_M^2(c_K)$	3,245
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	µg/m³ 3,603
			$\frac{U(\bar{c})}{l_1}$	9,0%

* ungünstigstes Ergebnis aus Eignungsprüfung OPSIS SM 200 (Alt)



Tabelle 42: Erweiterte Messunsicherheit $U(\bar{c})$ für die Messeinrichtung SN 1112
Bezugswert: 40 µg/m³

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 1112	**Unsicherheit (Einzelwert)**	**Zeitbasis**	**Anzahl** n_K	**Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)**
	µg/m³			(µg/m³)²
Reproduzierbarkeit	1,111	24 Stunden	365	0,000
Vertrauensbereich CI_{95} nach EN 12341	1,311	1 Jahr	1	1,719
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt*	0,277	1 Jahr	1	0,077
Temperaturabhängigkeit des Messwertes*	-0,282	1 Jahr	1	0,079
Drift am Nullpunkt	0,814	1 Monat	12	0,004
Drift des Messwertes	-0,185	1 Monat	12	0,000
Netzspannung*	0,178	1 Jahr	1	0,032
Querempfindlichkeiten*	0,064	1 Jahr	1	0,004
Unsicherheit des Prüfstandards*	1,155	1 Jahr	1	1,333
			$\sum_K u_M^2(c_K)$	3,248
				µg/m³
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	3,604
			$\frac{U(\bar{c})}{l_1}$	9,0%

* ungünstigstes Ergebnis aus Eignungsprüfung OPSIS SM 200 (Alt)

6.1 5.3.1 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems

Für das PM_{10}-Probenahmesystem ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T5] nachzuweisen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für diesen Prüfpunkt kamen zusätzlich die Geräte entsprechend Punkt 3 des vorliegenden Berichts zum Einsatz.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest an mehreren Standorten gemäß Punkt 4.3.3.1 des vorliegenden Berichtes durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten und unterschiedlich hohe PM10 Konzentrationen berücksichtigt. Auf Grund sehr hoher Niederschläge (> 20 mm in 2 h) mussten am Feldteststandort „Mechernich" die Messwerte vom 10.07.2002, 13.07.2002 sowie vom 20.08.2002 wegen Unplausibilität verworfen werden.

Die Prüfung wurde analog am Feldteststandort „Furulund" durchgeführt. Dabei wurde die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren sowohl für die beiden Prüflinge SM 200 (Neu) (SN 1110 & SN 1112) als auch für das Vorgängermodell SM 200 (Alt) (SN 276) untersucht.

Es wurden an jedem Standort mindestens 15 gültige Wertepaare ermittelt.

6.4 Auswertung

Forderung aus der DIN EN 12341:

Der errechnete funktionale Zusammenhang y = f(x) zwischen den mit dem Testgerät (y) und den mit dem Referenzgerät (x) gemessenen Konzentrationswerten soll durch einen beidseitigen Akzeptanzbereich begrenzt sein. Dieser Akzeptanzbereich ist gegeben durch:

$y = (x \pm 10)$ µg/m³ für Konzentrationsmittelwerte $\leq$ 100 µg/m³ und

$y = 0{,}9x$ µg/m³ bzw. $1{,}1x$ µg/m³ für Konzentrationsmittelwerte > 100 µg/m³

Des weiteren soll der Variationskoeffizient R^2 der berechneten Referenz-Äquivalenz-Funktion den Wert 0,95 nicht unterschreiten.

Die Prüfung richtet sich auf den funktionalen Zusammenhang zwischen den Konzentrationswerten, die durch Doppelbestimmungen mit dem Testgerät und dem Referenzgerät ermittelt wurden. Im Idealfall erfassen beide Geräte dieselbe Schwebstaubfraktion, so dass y = x gilt. Die Vorgehensweise bei der Auswertung ist wie folgt:

Es wurde eine lineare Regressionsanalyse aus den Messdaten für alle vier Standorte einzeln sowie nach Zusammenfassung aller Messdaten, für alle vier Standorte zusammen durchgeführt.

Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurde aus den Messdaten vom Feldteststandort „Furulund" für jeden Prüfling eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt.



Man erhält für jeden Messwert y_i des jeweiligen Testgerätes und der mit dem Referenzgerät gemessenen Konzentration x – beide in µg/m³ - eine Referenz-Äquivalenz-Funktion entsprechend der allgemeinen Beziehung:

$$y_i = m \cdot x + b \qquad \text{mit i = Prüfling SM 200}$$

Bewertung

Es gilt für alle untersuchten Standorte:

Die Referenz-Äquivalenzfunktionen liegen in den Grenzen des jeweiligen Akzeptanzbereiches. Weiterhin ist der Variationskoeffizient R^2 der berechneten Referenz-Äquivalenzfunktionen im betreffenden Konzentrationsbereich ≥ 0,95. Dies gilt sowohl für OPSIS SM 200 (Alt) wie auch für OPSIS SM 200 (Neu).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen sind in Tabelle 43 bis Tabelle 45 zusammengestellt. Die grafischen Darstellungen erfolgen in Abbildung 30 bis Abbildung 42. In den Diagrammen sind neben den Ausgleichsgeraden der beiden Testgeräte die als Idealfall anzusehende Kurve y = x und der beiderseitige Akzeptanzbereich eingezeichnet. Alle Einzelwerte für die Testgeräte und das Referenzgerät können, nach Standort getrennt, der Anlage 7 sowie der Anlage 12 im Anhang entnommen werden.

Tabelle 43: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN 285 und SN 288 an den vier Standorten

SN 285	Anzahl Werte N	Steigung m	Ordinatenabschnitt b	R²
Parkplatz Köln	17	1,0374	-1,8928	0,978
Wesseling	40	1,0043	2,0421	0,958
Mechernich	66	1,0345	-0,4712	0,950
Brühl	18	1,0062	-1,3519	0,956

SN 288	**Anzahl Werte N**	**Steigung m**	**Ordinatenabschnitt b**	**R²**
Parkplatz Köln	17	1,0829	-2,697	0,986
Wesseling	40	1,0193	1,8582	0,976
Mechernich	66	1,0243	-0,5352	0,951
Brühl	18	0,9209	0,0913	0,962

Tabelle 44: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN 285 und SN 288 (gesamt)

Testgerät	**Anzahl Werte N**	**Steigung m**	**Ordinatenabschnitt b**	**R²**
SN 285	141	1,0177	0,0478	0,956
SN 288	141	1,0211	-0,1718	0,959

Tabelle 45: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den Testgeräten SN 1110, SN 1112 sowie SN 276, Standort Furulund

Testgerät	**Anzahl Werte N**	**Steigung m**	**Ordinatenabschnitt b**	**R²**
SN 1110	43	1,0946	-1,0318	0,973
SN 1112	43	1,0490	0,3288	0,977
SN 276	34	1,0271	0,5794	0,954

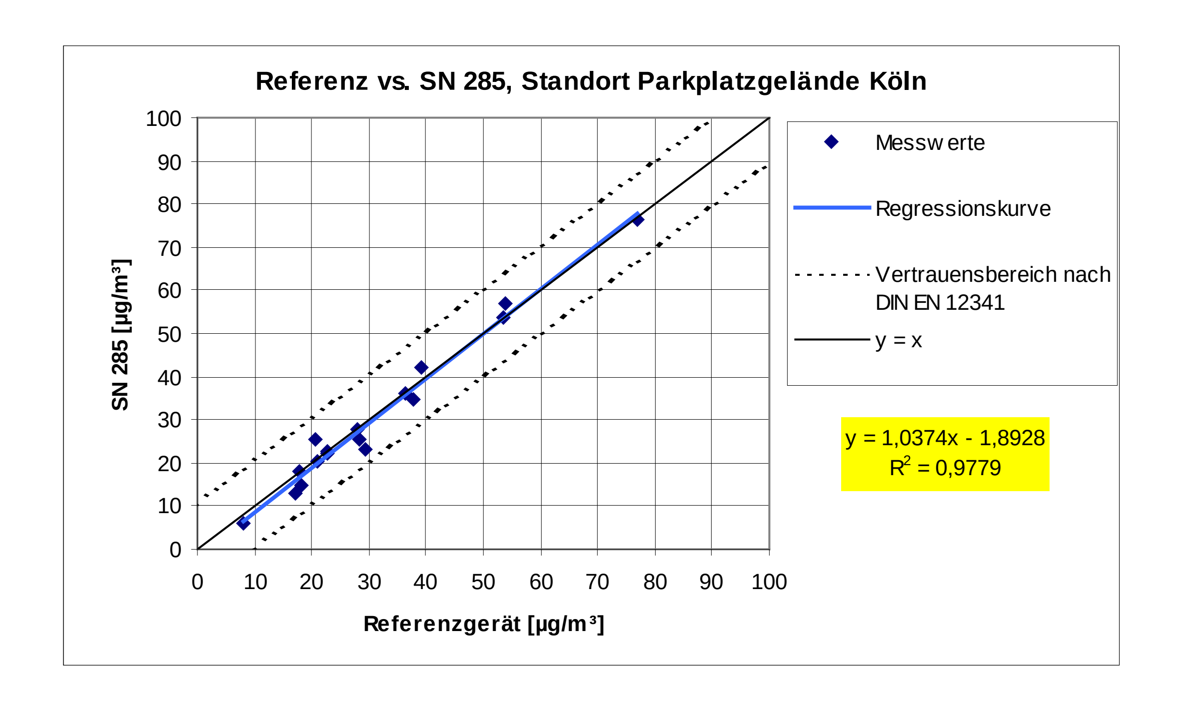


Abbildung 30: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 285, Standort Parkplatzgelände Köln

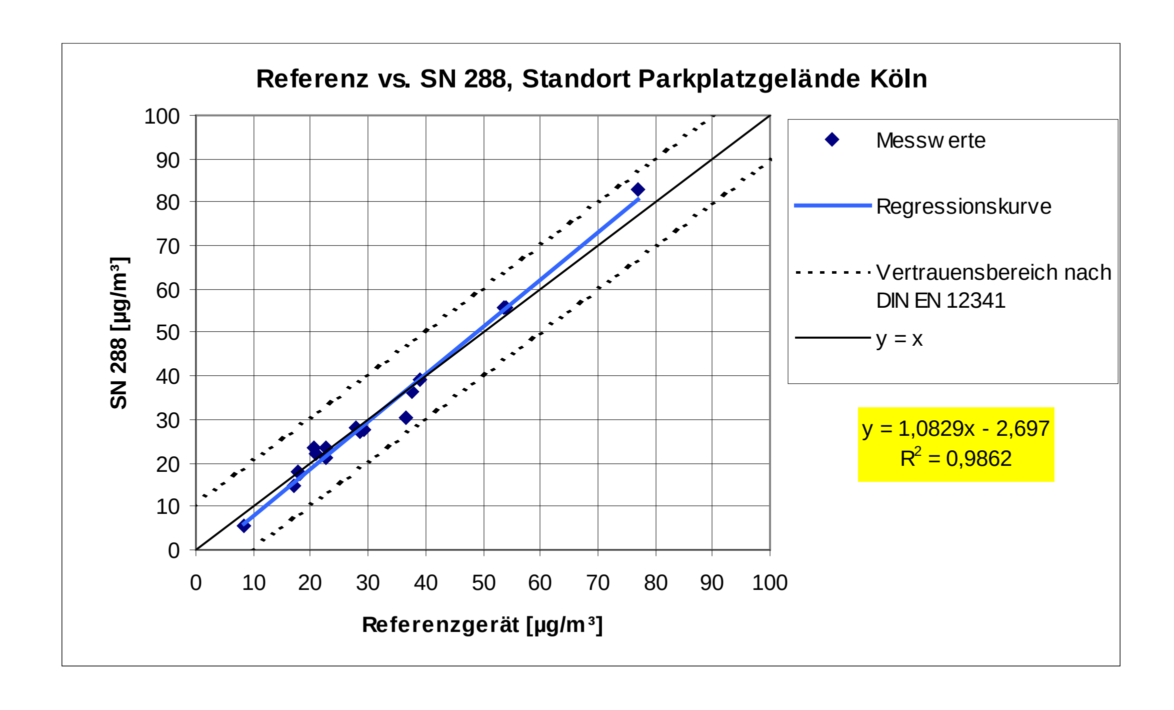


Abbildung 31: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 288, Standort Parkplatzgelände Köln

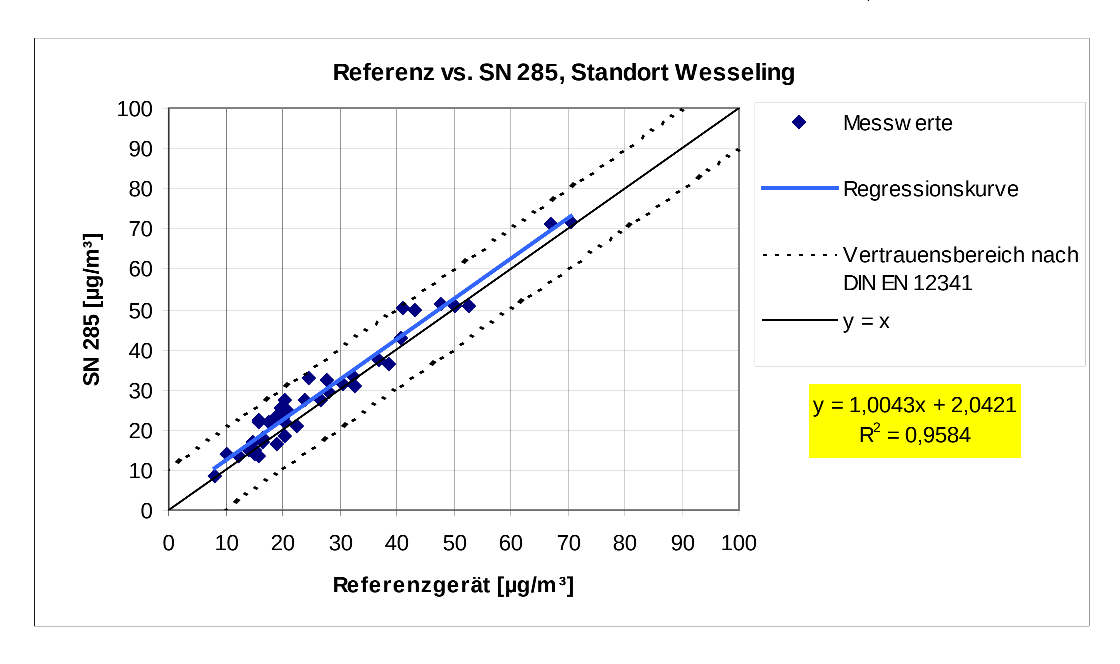


Abbildung 32: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 285, Standort Wesseling

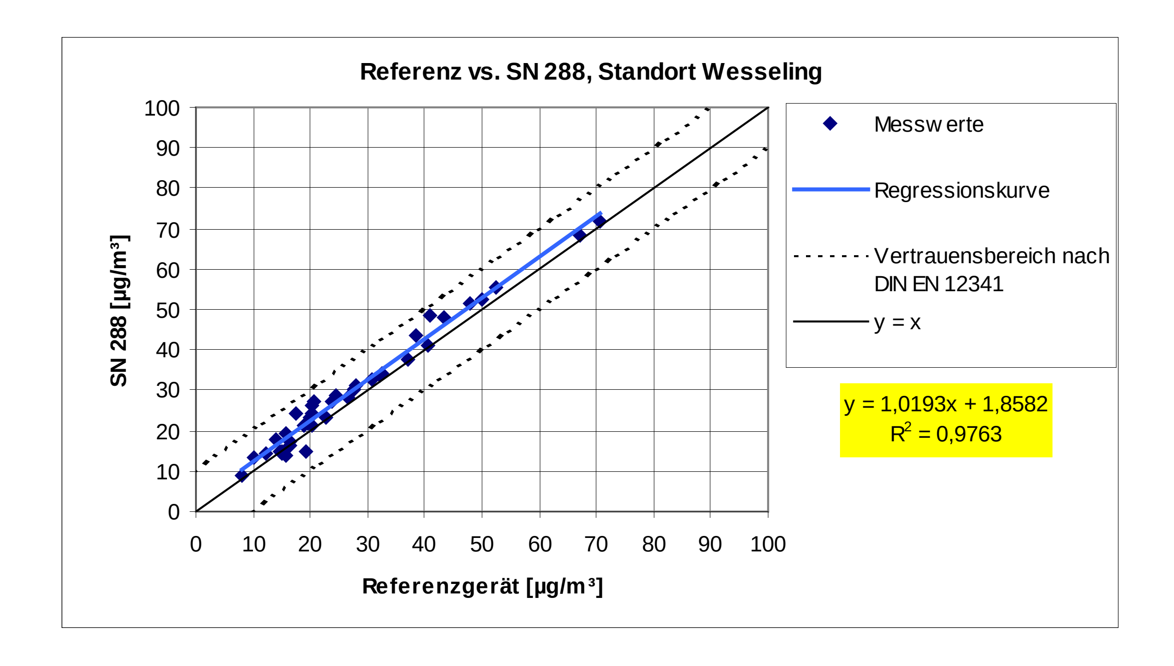


Abbildung 33: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 288, Standort Wesseling

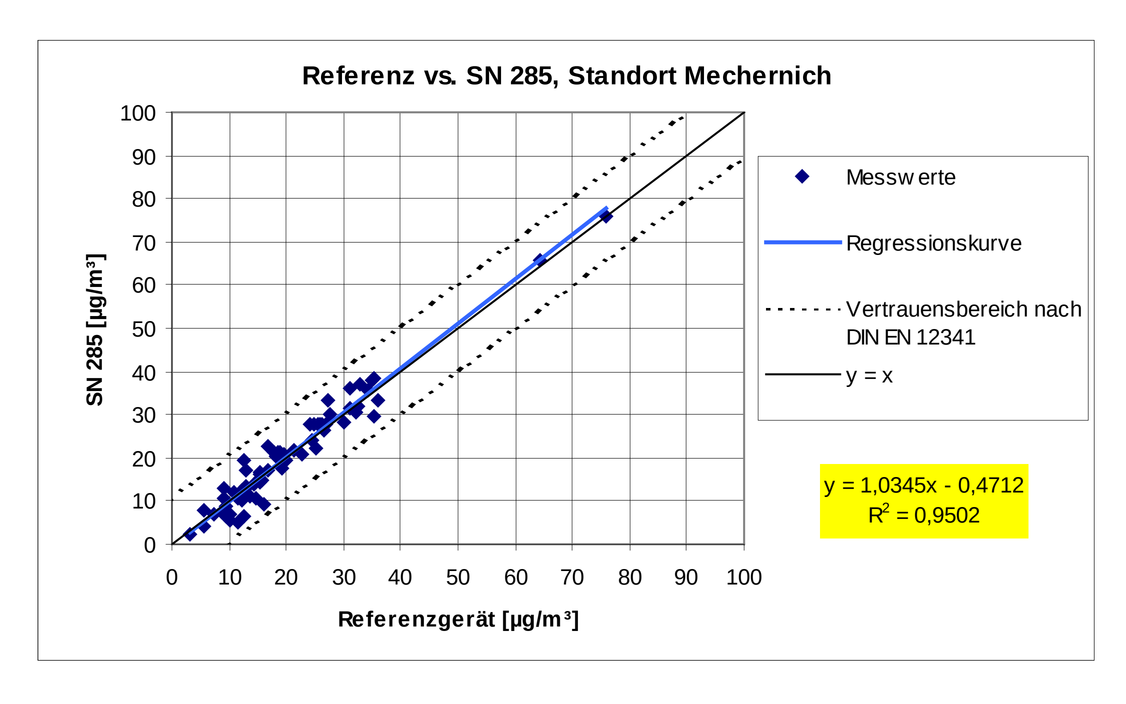


Abbildung 34: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 285, Standort Mechernich

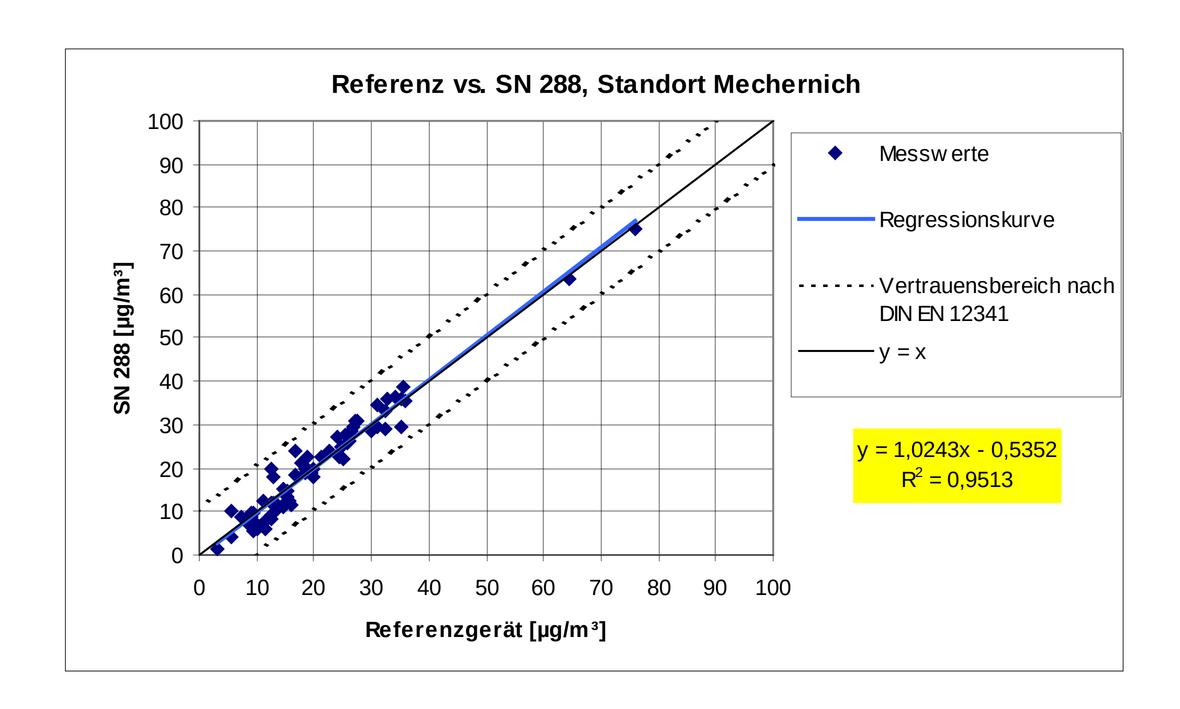


Abbildung 35: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 288, Standort Mechernich

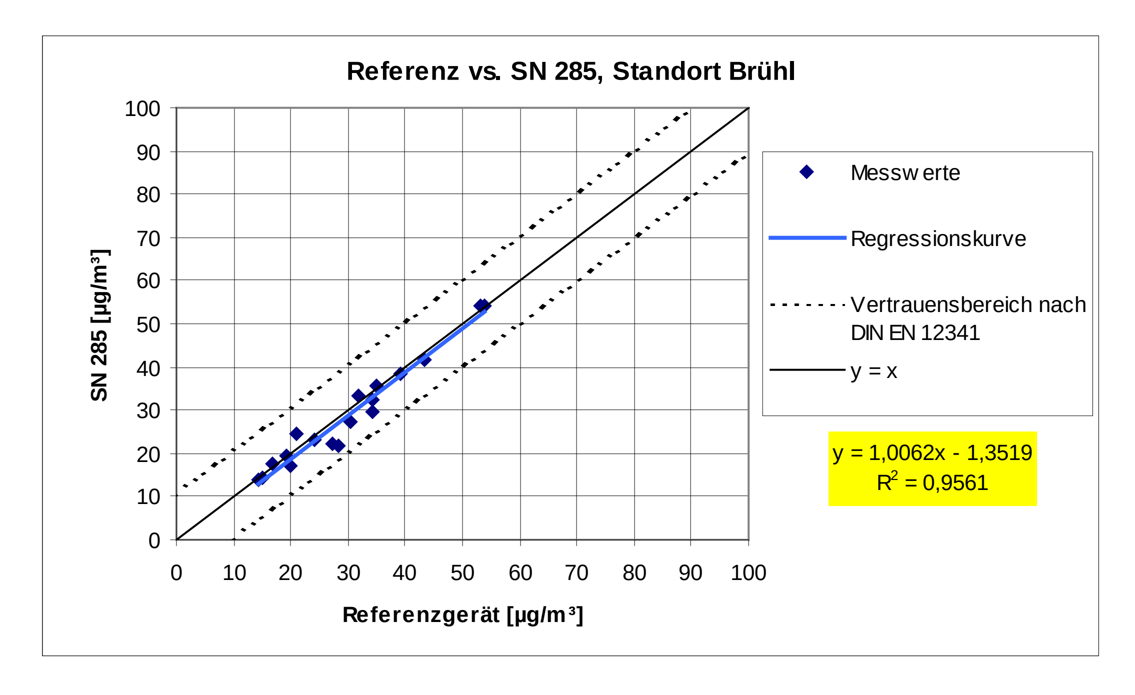


Abbildung 36: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 285, Standort Brühl

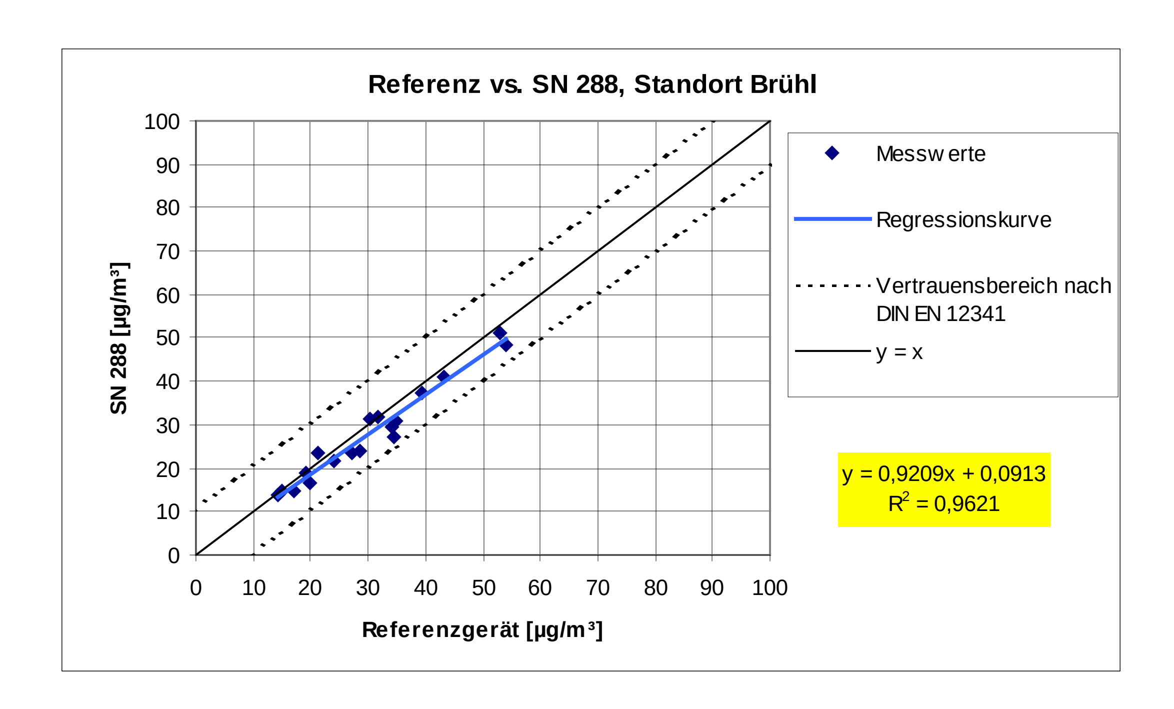


Abbildung 37: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 288, Standort Brühl

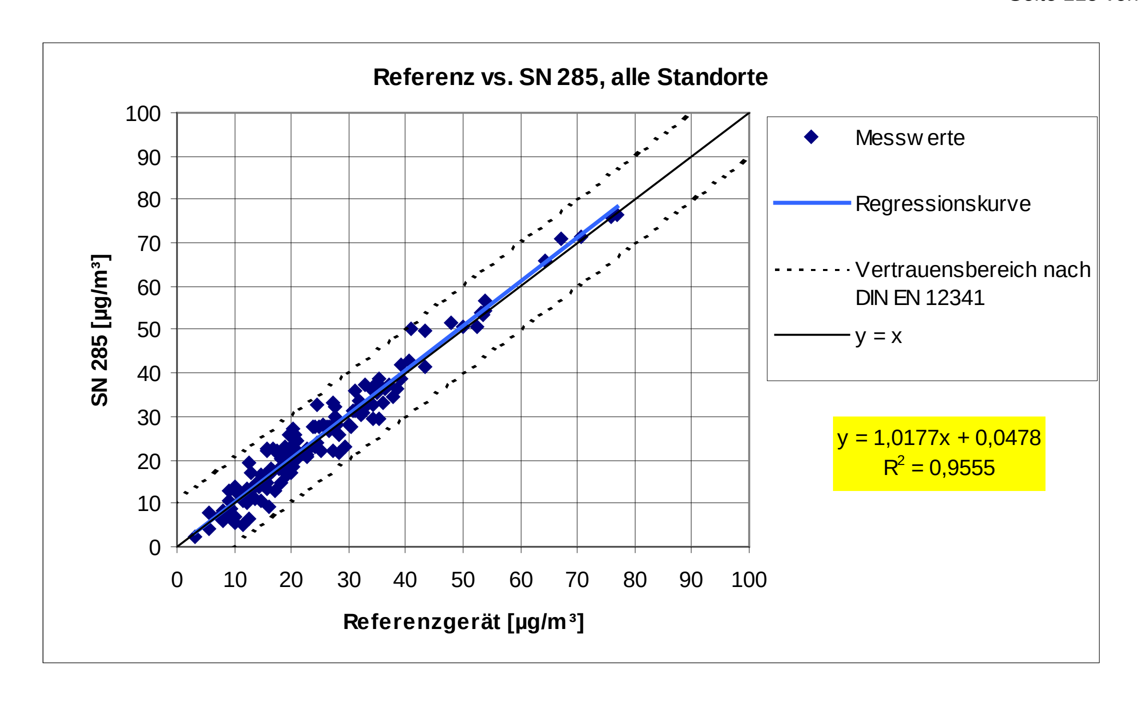


Abbildung 38: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 285, alle Standorte

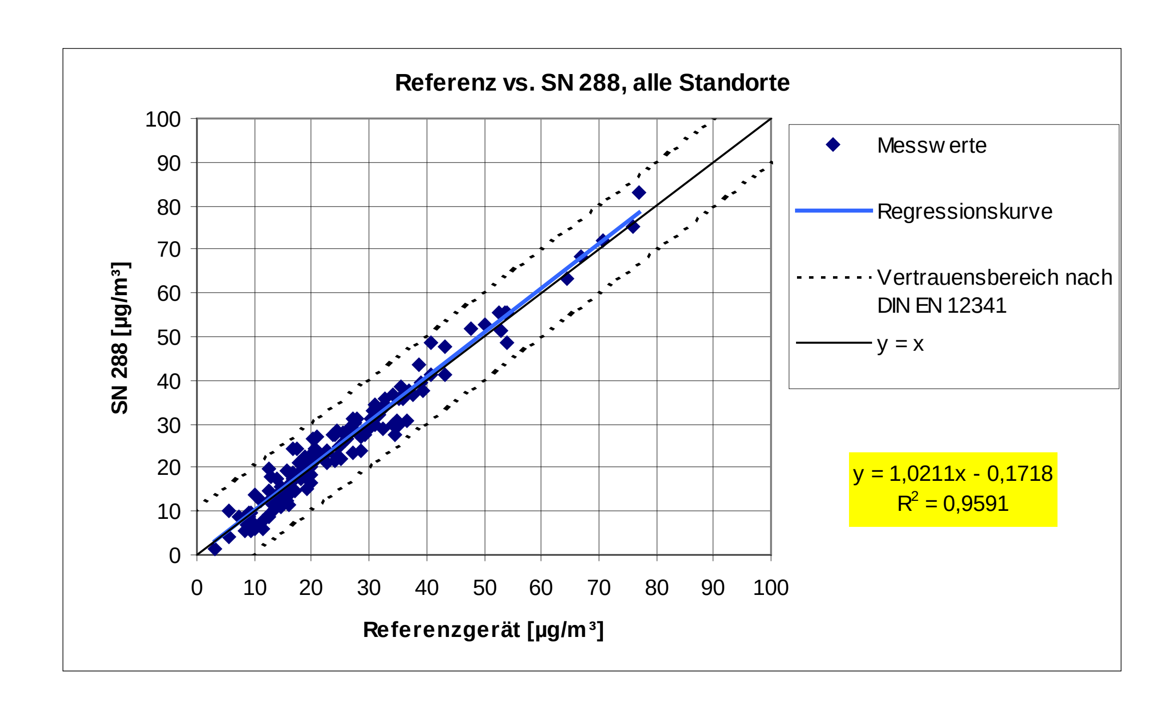


Abbildung 39: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 288, alle Standorte

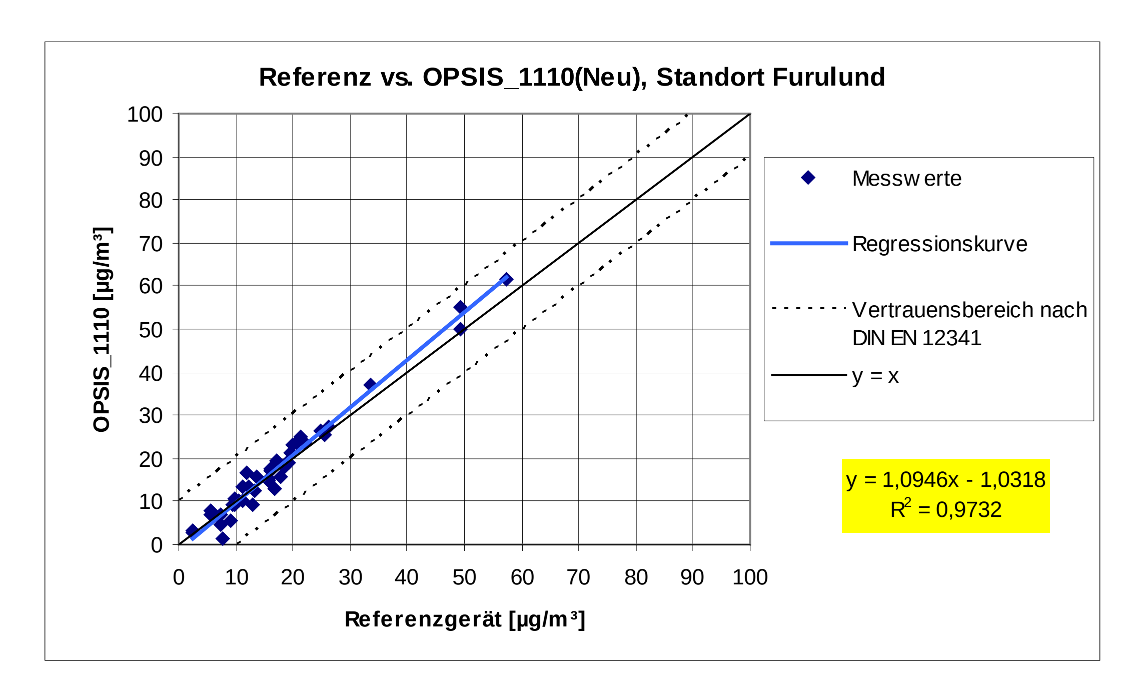


Abbildung 40: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 1110, Standort Furulund

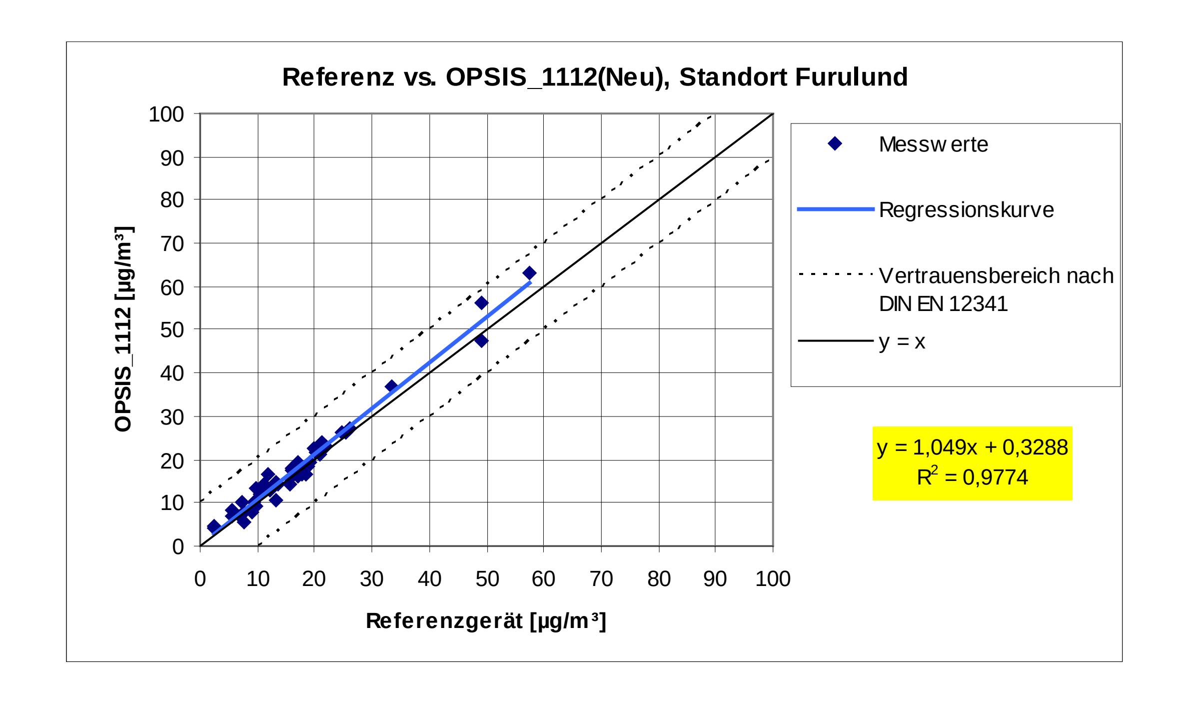


Abbildung 41: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 1112, Standort Furulund

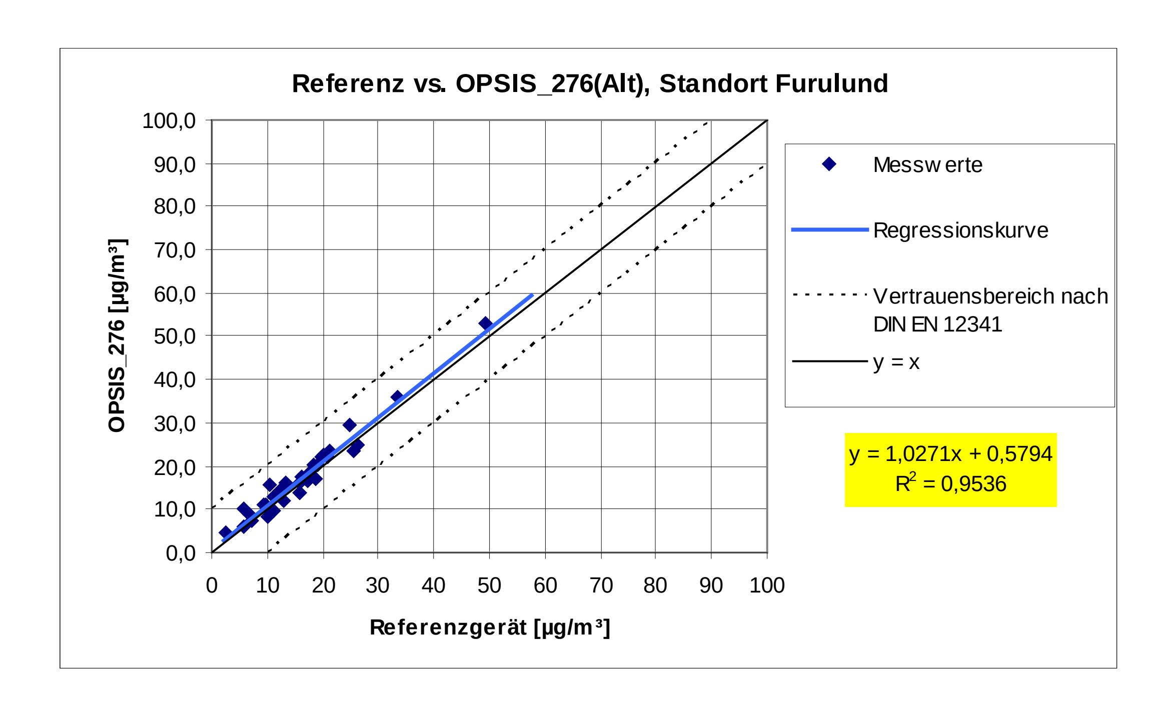


Abbildung 42: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 276, Standort Furulund

6.1 5.3.2 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme

Die PM_{10}-Probenahmesysteme zweier baugleicher Prüflinge müssen untereinander nach DIN EN 12 341 [T5] vergleichbar sein. Dies ist während des Feldtestes nachzuweisen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest an mehreren Standorten durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten und unterschiedlich hohe PM10 Konzentrationen sowie verschiedene Verhältnisse zwischen TSP und PM10 Anteil berücksichtigt. Auf Grund sehr hoher Niederschläge (> 20 mm in 2 h) mussten am Feldteststandort „Mechernich" die Messwerte vom 10.07.2002, 13.07.2002 sowie vom 20.08.2002 wegen Unplausibilität verworfen werden.

Die Prüfung wurde analog am Feldteststandort „Furulund" durchgeführt. Dabei wurde die Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme sowohl für die beiden Prüflinge SM 200 (Neu) (SN 1110 & SN 1112) als auch für die jeweilige Kombination SM 200 (Neu) (SN 1110 & SN 1112) mit SM 200 (Alt) (SN 276) untersucht.

Es wurden an jedem Standort mindestens 15 gültige Wertepaare ermittelt.

6.4 Auswertung

Der aus den mit den Testgeräten gemessenen Konzentrationsmittelwerten berechnete zweiseitige Vertrauensbereich CI_{95} darf den Wert von 5 µg/m³ für Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³ und von 0,05 für Konzentrationsmittelwerte > 100 µg/m³ nicht überschreiten.

Der Nachweis der Vergleichbarkeit von Testgeräten konzentriert sich auf die Differenzen D_i der Konzentrationswerte Y_i der Testgeräte. Idealerweise sind beide Testgeräte gleich und erfassen demzufolge dieselbe Schwebstaubfraktion, so dass sich $D_i = 0$ ergibt. Die Vorgehensweise bei der Auswertung der Messdaten ist folgende:

Es werden zunächst die Konzentrationsmittelwerte Y_i aus den parallel mit den beiden Testgeräten gemessenen Konzentrationswerten berechnet. Im Anschluss daran werden die Konzentrationsmittelwerte Y_i in zwei getrennte Datensätze gespalten:

a) Datensatz mit $Y_i \leq 100$ µg/m³ mit der Anzahl der Wertepaare $n_{\leq}$ und
b) Datensatz mit $Y_i > 100$ µg/m³ mit der Anzahl der Wertepaare $n_{>}$

zu a):

Aus den Wertepaaren des Datensatzes mit $Y_i \leq 100$ µg/m³ wird die absolute Standardabweichung s_a berechnet:

$$s_a = \sqrt{(\sum D_i^2 / 2n_{\leq})}$$

Es wird der Studentfaktor $t_{f_{\leq};0,975}$, definiert als 0,975-Quantil des zweiseitigen 95%-Vertrauensberich der t-Verteilung nach Student mit $f_{\leq} = n_{\leq} - 2$ Freiheitsgraden herangezogen.



Der zweiseitige 95%-Vertrauensbereich Cl_{95} für Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³ ergibt sich dann wie folgt:

$$Cl_{95} = s_a \cdot t_{f_{\leq};0,975}$$

zu b):

Aus den Wertepaaren des Datensatzes mit Y_i > 100 µg/m³ wird die relative Standardabweichung s_r berechnet:

$$s_r = \sqrt{\left(\sum (D_i / Y_i)^2 / 2n_{>}\right)}$$

Es wird wiederum der Student-Faktor $t_{f_{>};0,975}$, definiert als 0,975-Quantil des zweiseitigen 95%-Vertrauensbereiches der t-Verteilung nach Student mit $f_> = n_> - 2$ Freiheitsgraden herangezogen.

Der zweiseitige Vertrauensbereich Cl_{95} für Konzentrationsmittelwerte > 100 µg/m³ ergibt sich dann wie folgt:

$$Cl_{95} = s_r \cdot t_{f_{>};0,975}$$

Während der Felduntersuchungen wurden keine Konzentrationswerte > 100 µg/m³ gemessen. Somit entfällt die Betrachtung gemäß b).

Bewertung

Es gilt für alle untersuchten Standorte:

Der zweiseitige Vertrauensbereich Cl_{95} liegt mit maximal 3,96 µg/m³ unterhalb des geforderten Wertes von 5 µg/m³. Auch die im Rahmen der Ergänzungsprüfung ermittelten zweiseitigen Vertrauensbereiche Cl_{95} liegen mit minimal 2,27 µg/m³ bis maximal 3,29 µg/m³ für alle möglichen Gerätekombinationen unterhalb des geforderten Wertes von 5 µg/m³.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Tabelle 46 und Tabelle 47 führen die berechneten Werte für die Standardabweichung s_a und den zweiseitigen Vertrauensbereich Cl_{95} auf. . Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 43 bis Abbildung 50. In den Diagrammen ist neben der Ausgleichsgerade der beiden Testgeräte (ermittelt durch lineare Regressionsanalyse) die als Idealfall anzusehende Kurve y = x und der beiderseitige Akzeptanzbereich eingezeichnet. Alle Einzelwerte für die Testgeräte können der Anlage 9 sowie der Anlage 14 entnommen werden.

Tabelle 46: Zweiseitiger 95%-Vertrauensbereich CI_{95} für die Testgeräte SN 285 und SN 288

Testgeräte	**Standort**	**Anzahl Werte**	**Standard-abweichung s_a**	**Student-Faktor t_f**	**Vertrauens-bereich CI_{95}**
SN			µg/m³		µg/m³
285 / 288	Parkplatz Köln	39	1,96	2,026	3,96
	Wesseling	62	1,46	2,000	2,91
	Mechernich	114	1,28	1,981	2,54
	Brühl	45	1,38	2,017	2,78
	Gesamt	260	1,46	1,969	2,87

Tabelle 47: Zweiseitiger 95%-Vertrauensbereich CI_{95} für die Testgeräte am Standort Furulund

Testgeräte	**Standort**	**Anzahl Werte**	**Standard-abweichung s_a**	**Student-Faktor t_f**	**Vertrauens-bereich CI_{95}**
SN	Furulund		µg/m³		µg/m³
1110 / 1112		104	1,14	1,983	2,27
1110 / 276		80	1,65	1,991	3,29
1112 / 276		80	1,41	1,991	2,81

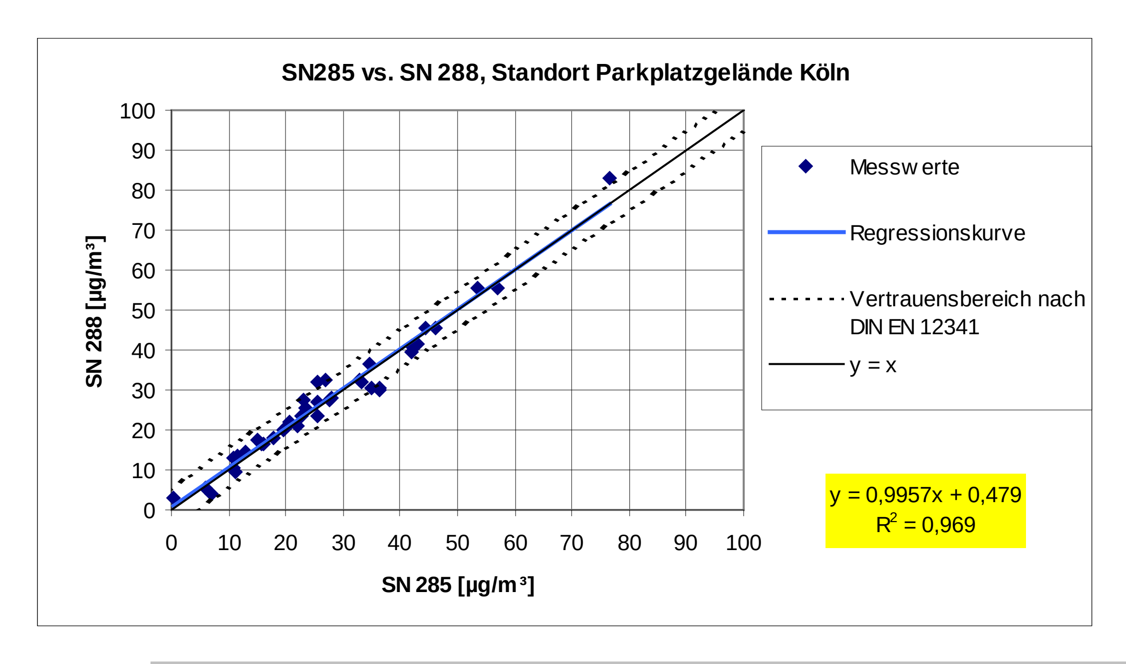


Abbildung 43: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 285 / SN 288, Standort Parkplatzgelände Köln

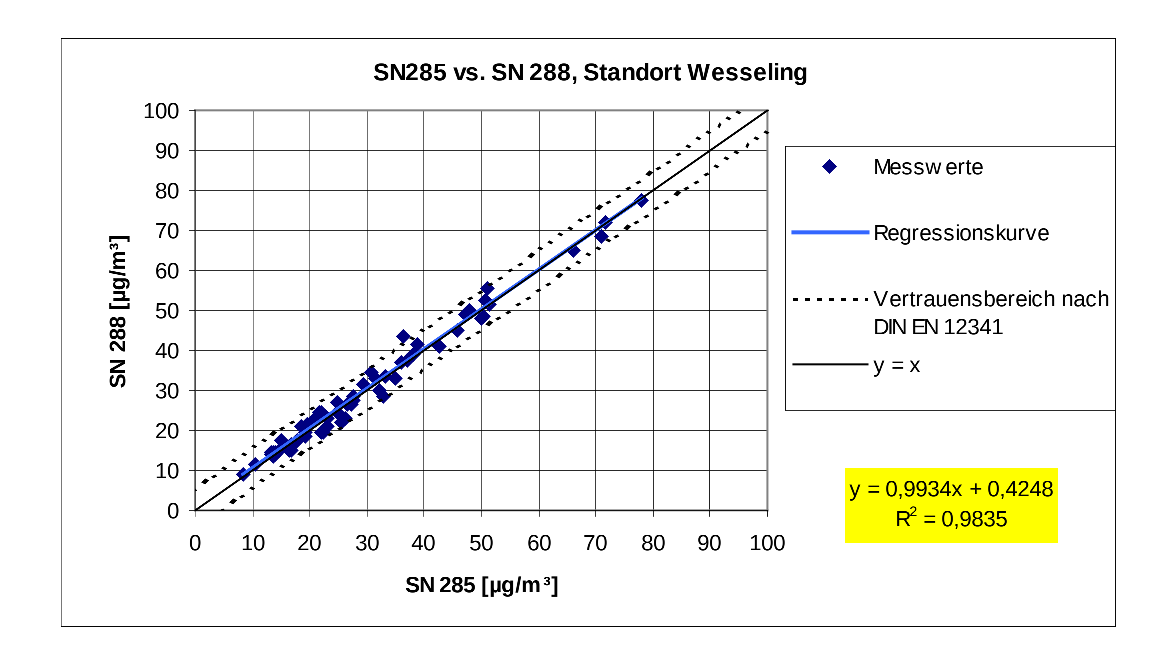


Abbildung 44: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 285 / SN 288, Standort Wesseling

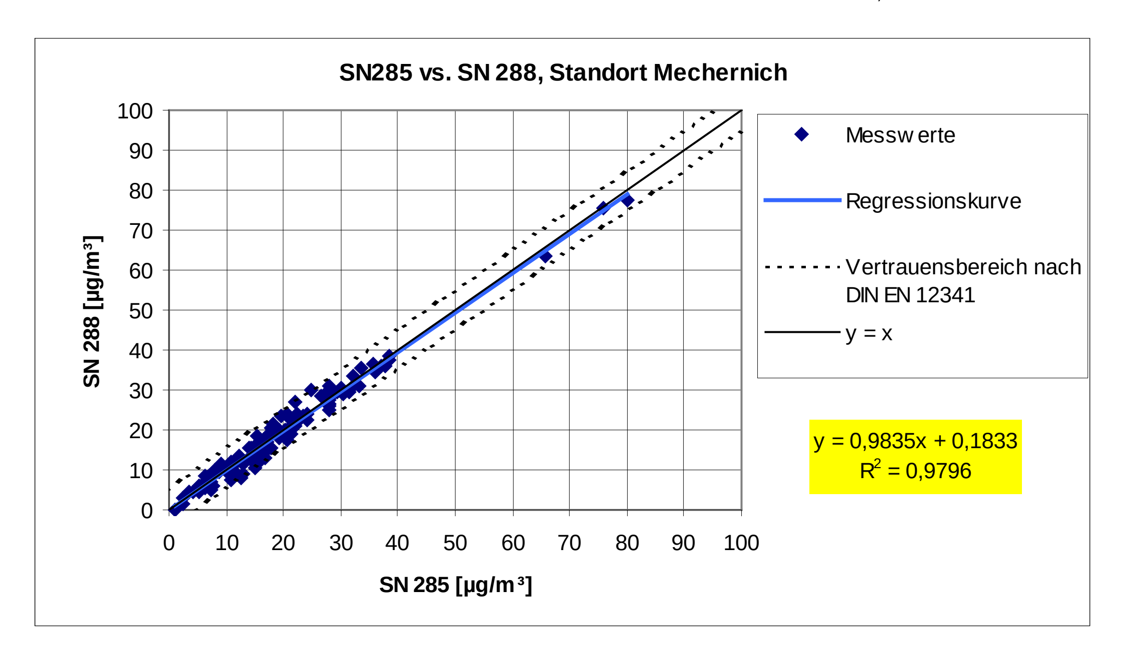


Abbildung 45: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 285 / SN 288, Standort Mechernich

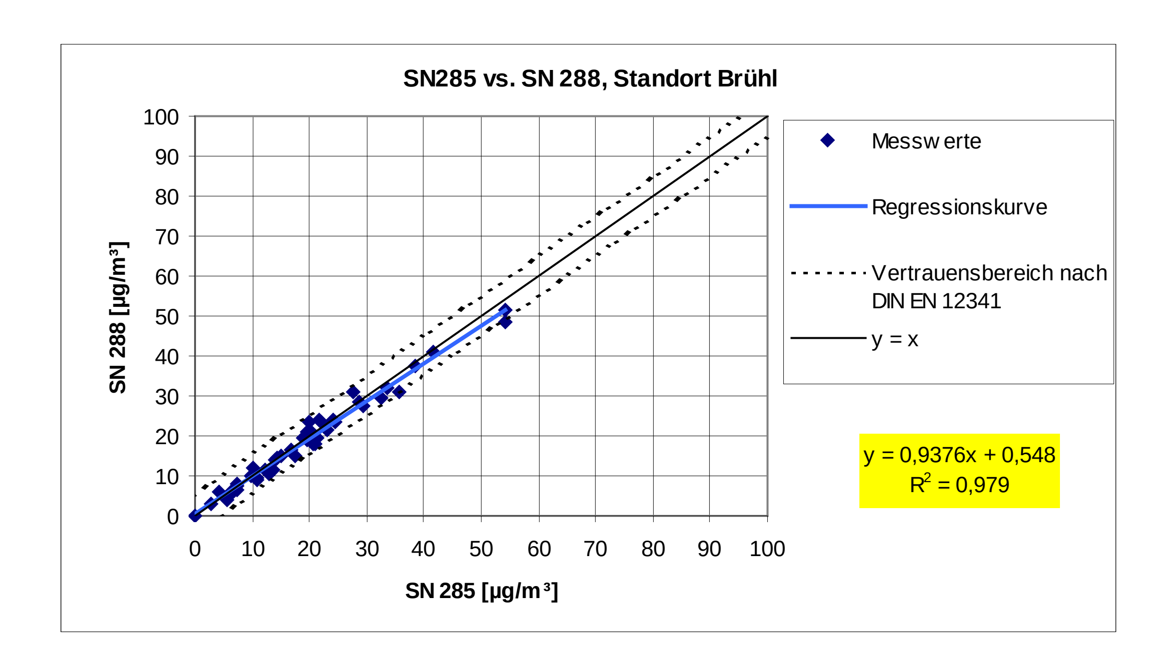


Abbildung 46: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 285 / SN 288, Standort Brühl

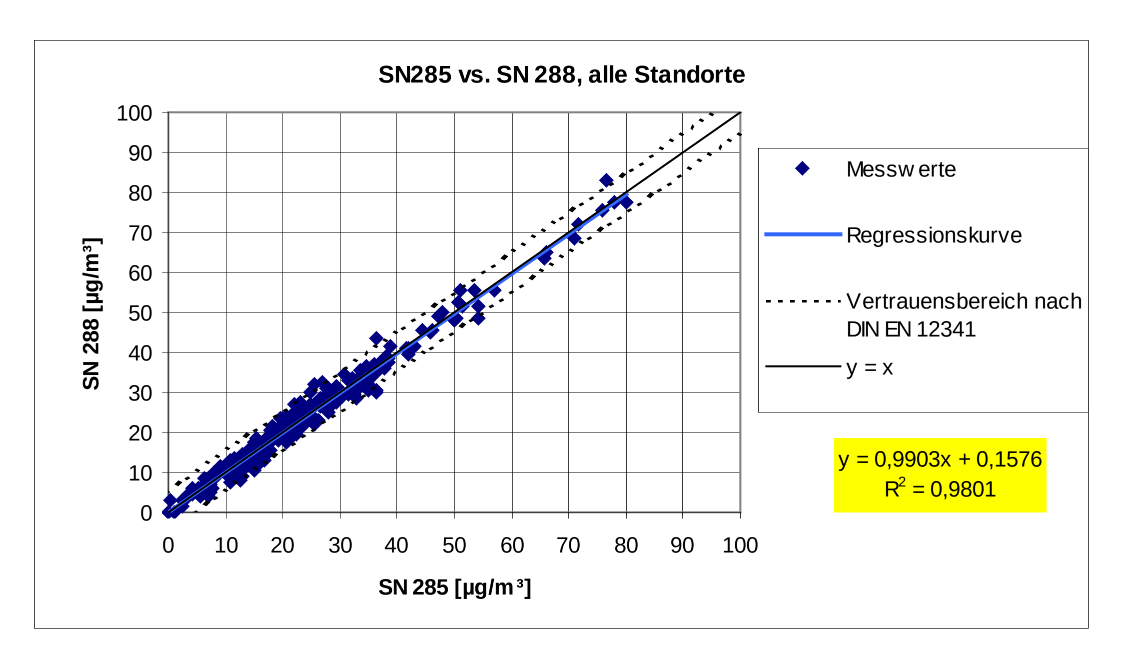


Abbildung 47: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 285 / SN 288, alle Standorte

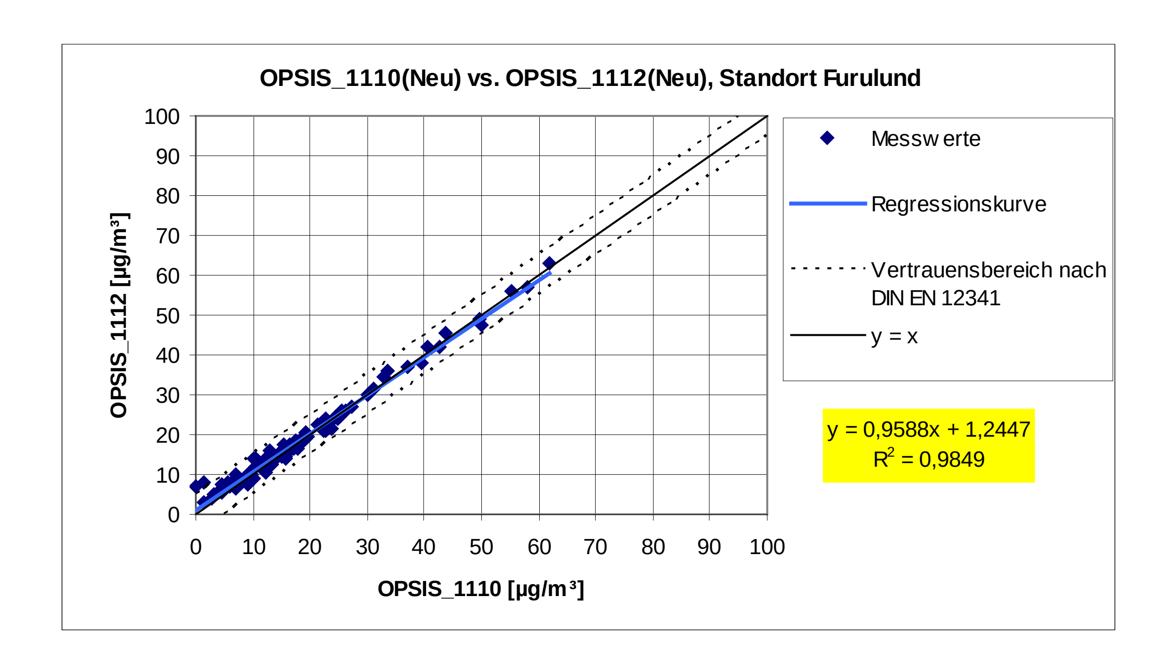


Abbildung 48: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1110 / SN 1112, Standort Furulund

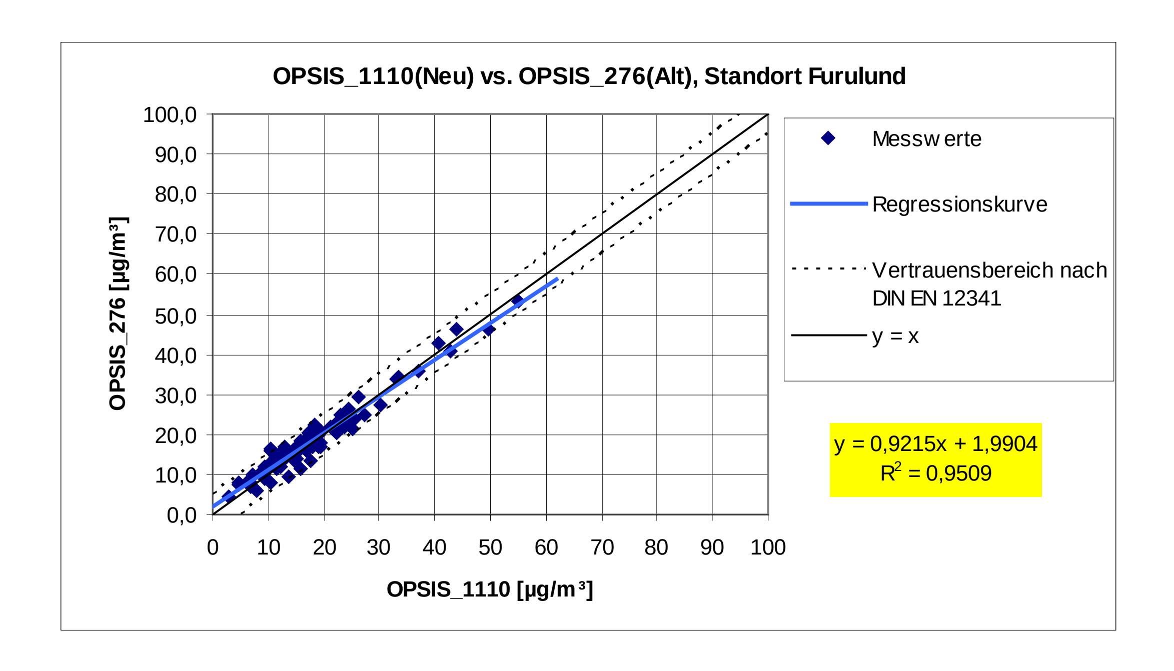


Abbildung 49: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1110 / SN 276, Standort Furulund

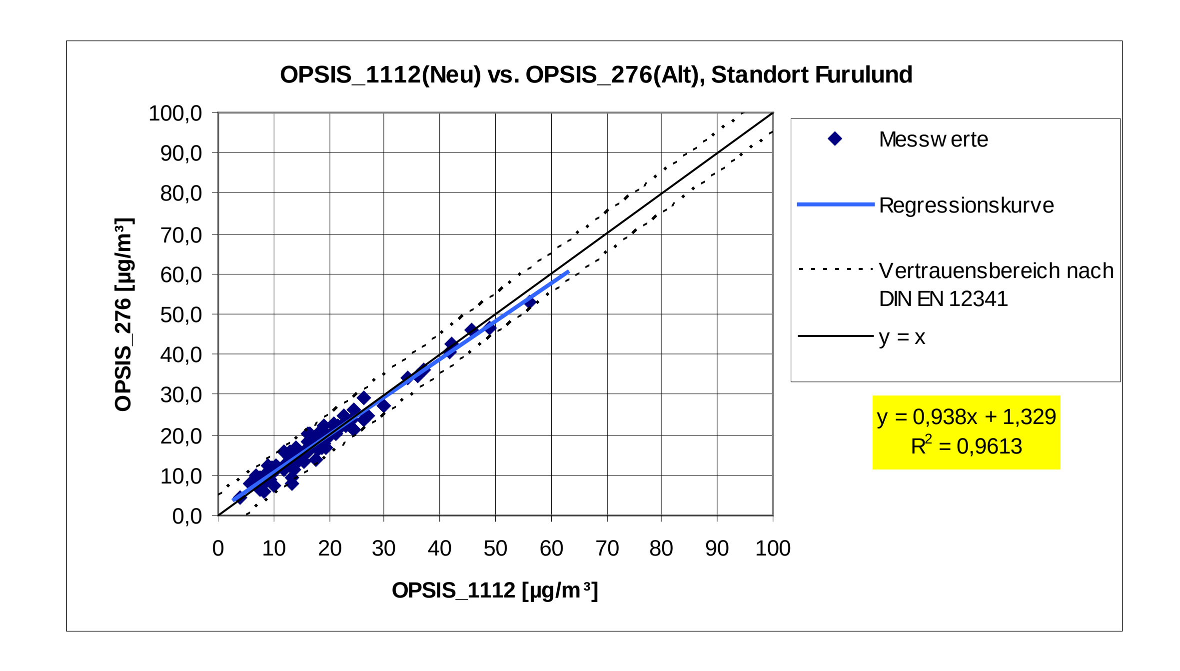


Abbildung 50: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1112 / SN 276, Standort Furulund

6.1 5.3.3 Kalibrierung

Die PM_{10}-Prüflinge sind im Feldtest mit einem Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T5] durch Vergleichsmessungen zu kalibrieren. Hierbei ist der Zusammenhang zwischen dem Messsignal und der gravimetrisch bestimmten Referenzkonzentration als stetige Funktion zu ermitteln.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können dem Modul 5.2.3 entnommen werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Siehe Modul 5.2.3.

6.3 Durchführung der Prüfung

Siehe Modul 5.2.3.

6.4 Auswertung

Siehe Modul 5.2.3.

6.5 Bewertung

Siehe Modul 5.2.3.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe Modul 5.2.3.

6.1 5.3.4 Querempfindlichkeit

Der Störeinfluss durch die im Messgut enthaltene Feuchte darf im Bereich von B_1 nicht mehr als 10 % von B_1 betragen. Ist das Probenahmerohr beheizt, muss die Vergleichbarkeit zum gravimetrischen Referenzverfahren bei der angegebenen Temperatur nachgewiesen werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Schwebstaubfreie Luft, Wasserdampfgenerator Hovacal.

6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Ermittlung des Störeinflusses durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte, wurde den Testgeräten schwebstaubfreie Nullluft angeboten, welche mit einer definierten Menge an Wasser kontinuierlich beladen wurde. Es wurde eine relative Feuchte > 80 % im Messgut eingestellt. Die gesamten Messeinrichtungen wurden in der Klimakammer bei einer Temperatur von 20 °C betrieben. Der Versuch wurde dreifach wiederholt.

Zusätzlich wurden aus den Felduntersuchungen für Tage mit einer relativen Feuchte > 80 % die Referenz-Äquivalenzfunktionen für beide Testgeräte bestimmt.

6.4 Auswertung

Es wurden die Messwerte für die Konzentration aus der Geräteanzeige sowie die, gemäß Kapitel 3.1 aus dem Betastrahlenfluss vor und nach der Probenahme (F_{blank}, $F_{collect}$, im Speicher abgelegt als Blank [cpm] und Collect [cpm]), errechneten Messwerte aufgezeichnet. Die Abweichungen vom Sollwert wurden für beide Fälle ermittelt.

Bezugswert: VDI: B_1 = 40 µg/m³ 10 % von B_1 = 4 µg/m³

Es wurde weiterhin untersucht, ob der Variationskoeffizient R^2 auch für den Fall, dass die Messwerte an Tagen mit einer relativen Feuchte > 80 % gewonnen wurden, ≥ 0,95 ist.

6.5 Bewertung

Es konnte kein Störeinfluss > 0,2 µg/m³ Abweichung vom Sollwert durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte auf das Nullpunktsignal festgestellt werden (vom Gerät ausgegebene Messwerte). Eine Untersuchung des Störeinflusses der im Messgut enthaltenen Luftfeuchte auf die Empfindlichkeit konnte nicht untersucht werden. Während des Feldtestes konnten jedoch bei wechselnden relativen Luftfeuchten kein Einfluss auf die Messwerte beobachtet werden. Der Variationskoeffizient R^2 ist für beide Referenz-Äquivalenzfunktionen für Tage mit einer relativen Luftfeuchte > 80 % ≥ 0,95.

Mindestanforderung erfüllt? ja



6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 48 und Tabelle 49 zeigen eine zusammenfassende Darstellung.

Tabelle 48: Abhängigkeit des Nullpunktes von der relativen Luftfeuchte, Abweichung in µg/m³ vom Soll, Mittelwert aus drei Messungen, Messwerte am Display abgelesen

Rel. Luftfeuchte	Abweichung	
	Gerät 1 (SN 285)	Gerät 2 (SN 288)
%	µg/m³	µg/m³
> 80	0	0,2

Tabelle 49: Abhängigkeit des Nullpunktes von der relativen Luftfeuchte, Abweichung in µg/m³ vom Soll, Mittelwert aus drei Messungen, Messwerte errechnet

Rel. Luftfeuchte	Abweichung	
	Gerät 1 (SN 285)	Gerät 2 (SN 288)
%	µg/m³	µg/m³
> 80	0	0,11

Einzelwerte können der Anlage 6 im Anhang entnommen werden.

Die grafische Darstellung der Messwerte an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 80 % erfolgt in Abbildung 51 und in Abbildung 52. Einzelwerte können den Anlagen 7 und 8 im Anhang entnommen werden.

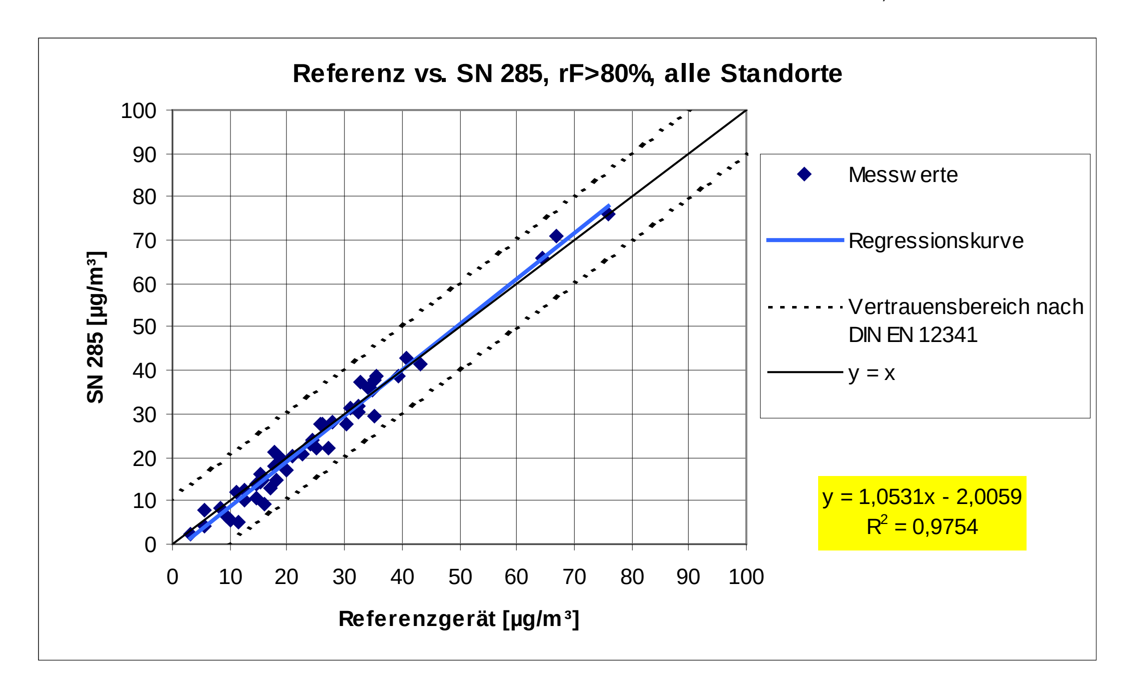


Abbildung 51: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 285, rel. Luftfeuchte > 80 %, alle Standorte

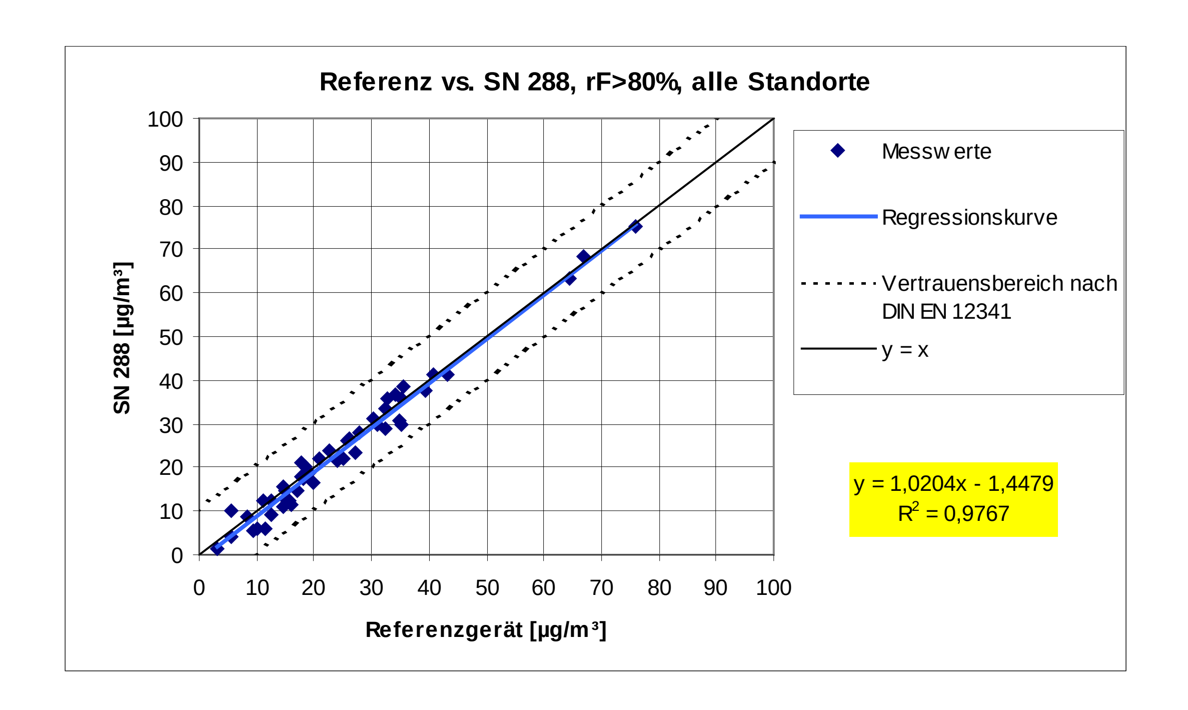


Abbildung 52: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 288, rel. Luftfeuchte > 80 %, alle Standorte

6.1 5.3.5 Tagesmittelwerte

Die Messeinrichtung muss die Bildung von 24 h-Mittelwerten ermöglichen. Bei Filterwechseln darf die hierfür insgesamt benötigte Zeit nicht mehr als 1 % der Mittelungszeit betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob die Messeinrichtung die Bildung eines Tagesmittelwertes ermöglicht. Der Zeitbedarf für den Filterwechsel wurde ermittelt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht die Bildung von Mittelwerten für Probenahmezeiten von 8 h bis zu 100 Tagen. Für den Filterwechsel / Filterbewegungen im Gerät wird ca. 1 Minute benötigt; dies entspricht bei einer 24-stündigen Probenahmezeit einer Totzeit von ca. 0,07 %.

Wird ein „Pneumatic Test“ gemäß Bedienungshandbuch Nummer 5.6.7 aktiviert, dann erhöht sich die Totzeit für die Messungen, bei denen der Test durchgeführt wird, auf ca. 3-4 Minuten; dies entspricht bei einer 24-stündigen Probenahmezeit einer Totzeit von ca. 0,28 %.

6.5 Bewertung

Die Bildung von Tagesmittelwerten ist möglich. Die maximale Zeit für den Filterwechsel beträgt bei 24-stündiger Probenahem und täglichem „Pneumatic Test“ ca. 0,28 % der Mittelungszeit. Die ermittelte Filterwechselzeit ist damit mit maximal 0,28 % deutlich kleiner als die zulässigen 1 % der Probenahmedauer.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.3.6 Konstanz des Probenahmevolumenstroms

Der über der Probenahmedauer gemittelte Probenahmevolumenstrom muss auf ± 3 % vom Sollwert konstant sein. Alle Momentanwerte des Probenahmevolumenstroms müssen während der Probenahmedauer innerhalb der Schwankungsbreite von ± 5 % des Sollwertes liegen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wurden zusätzlich ein Durchflussmesser gemäß Punkt 4.3 sowie belegte Filter bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Um die Konstanz des Probenahmevolumenstroms zu ermitteln, wurde im Feldtest ein Durchflussmesser an die Messeinrichtungen angeschlossen. Es wurden über einen Zeitraum von 3 Tagen 3-Minuten-Werte für den Durchfluss aufgezeichnet.

6.4 Auswertung

Aus den ermittelten Messwerten für den Durchfluss wurden Mittelwert, Standardabweichung sowie Maximal- und Minimalwert bestimmt.

Bewertung

Die graphische Darstellungen des Durchflusses an den drei Messtagen zeigen, dass alle während der Probenahme ermittelten Messwerte weniger als ±5 % vom Sollwert von 16,67 l/min abweichen. Die Abweichung der Tagesmittelwerte ist ebenfalls kleiner als die geforderten ±3 % vom Sollwert.

Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als ± 3 %, alle Momentanwerte weniger als ± 5 % vom Sollwert ab.

Bei einem Druckabfall am Filter von > 70 kPa schaltet die Pumpe automatisch ab. Im Feldtest konnte, je nach Staubbeschaffenheit und Feuchte, pro abgeschiedenem Milligramm Staub in etwa ein Druckverlust von ungefähr 0,5 kPa festgestellt werden. Berücksichtigt man einen durchschnittlichen Druckabfall am Filter von ungefähr 6 kPa, so würde sich rein rechnerisch bis zum Abschaltpunkt eine gesammelte Masse von 128 mg ergeben, bei einer 24-stündigen Probenahmezeit entspräche dies einer Konzentration von > 5000 µg/m³. Konzentrationen in dieser Höhe sind im Praxiseinsatz ausgeschlossen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 50 und Tabelle 51 sind die ermittelten Kenngrößen für den Durchfluss aufgeführt. Abbildung 53 und Abbildung 54 zeigen eine grafische Darstellung der Durchflussmessungen an den beiden Testgeräten SN 285 und SN 288.

Tabelle 50: Kenngrößen für die Durchflussmessung, SN 285

Kenngröße	Einheit	12.07.2002	13.07.2002	14.07.2002
Mittelwert	l/min	16,83	16,93	16,86
Abweichung MW	% vom Sollwert	0,94	1,56	1,15
Standardabweichung	l/min	0,19	0,05	0,16
Maximum	l/min	17,13	17,17	17,01
Minimum	l/min	16,31	16,74	16,46

Tabelle 51: Kenngrößen für die Durchflussmessung, SN 288

Kenngröße	Einheit	07.06.2002	08.06.2002	09.06.2002
Mittelwert	l/min	16,93	16,90	16,90
Abweichung MW	% vom Sollwert	1,59	1,35	1,37
Standardabweichung	l/min	0,17	0,26	0,28
Maximum	l/min	17,19	17,30	17,30
Minimum	l/min	16,28	16,21	16,17

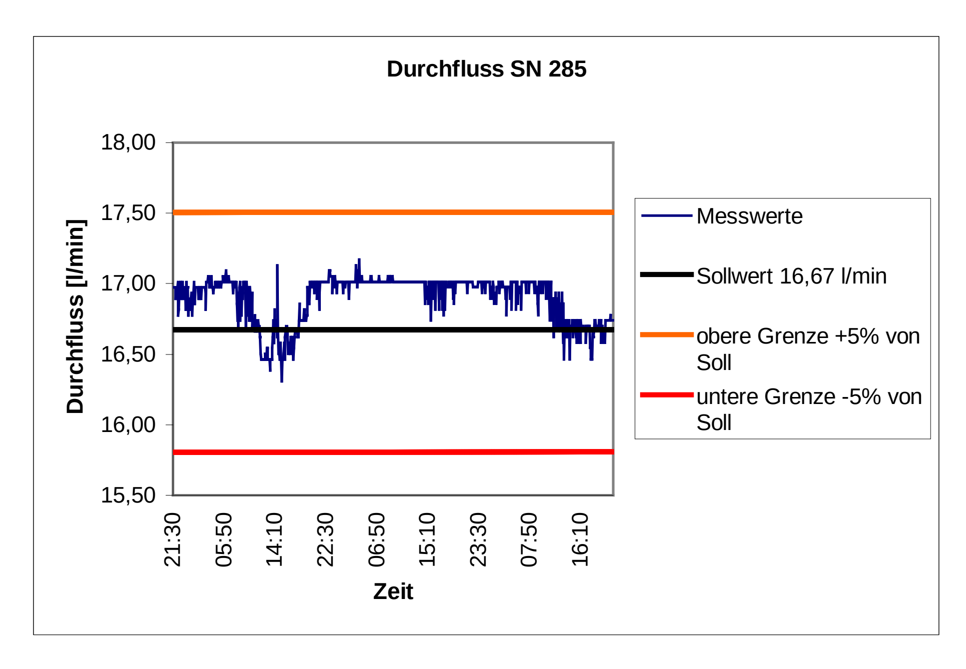


Abbildung 53: Durchfluss am Testgerät SN 285 vom 12.07.2002 bis 14.07.2002

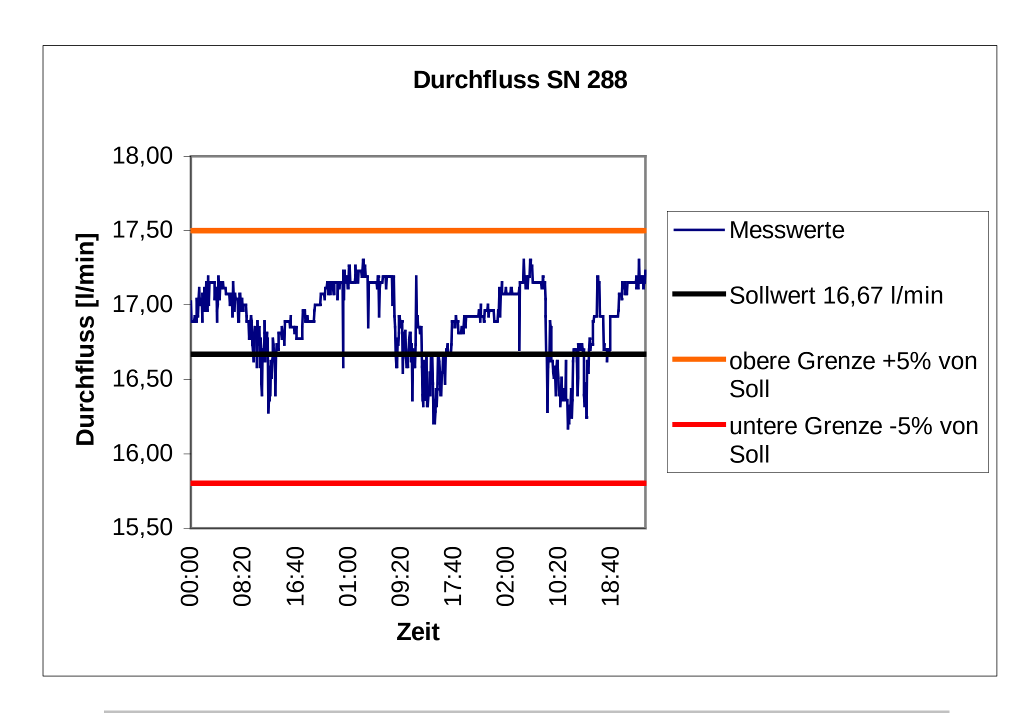


Abbildung 54: Durchfluss am Testgerät SN 288 vom 07.06.2002 bis 09.06.2002



6.1 5.3.7 Dichtheit des Probenahmesystems

Das gesamte Probenahmesystem ist auf Dichtheit zu prüfen. Die Undichtigkeit darf nicht mehr als 1 % vom durchgesaugten Probenahmevolumen betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Software (Long), Gummistopfen, Uhr.

6.3 Durchführung der Prüfung

Bei der Überprüfung der Dichtheit des Probenahmesystems besteht die Gefahr einer dauerhaften Beschädigung der Messeinrichtung durch zu hohe Unterdrücke. Um die Leckrate zu bestimmen, wurde auf eine spezielle Testprozedur nach Anweisung des Geräteherstellers zurückgegriffen. Mit Hilfe der Software „Long" lassen sich die Alarmmeldungen und die automatische Regulierung des Durchflusses derart deaktivieren, dass beim Verschließen der Öffnung des Probenahmerohres (z.B. mit einem Gummistopfen) bei laufender Pumpe ein kontrolliertes Ansteigen des Unterdrucks im Gerät möglich ist. Beim Erreichen eines Unterdrucks von ca. 80 KPa schaltet man die Pumpe ab. Eine Bestimmung des Druckabfalls über die Zeit ist nun möglich. Das geschätzte Gesamtvolumen des Systems beträgt in diesem Fall 0,6 l.

Diese Prozedur wurde dreimal wiederholt.

Beim OPSIS SM 200 (Neu) kann eine Überprüfung der Dichtigkeit durch manuelle Anwahl des LeakTest-Ventils bei laufender Pumpe erfolgen – der Druckverlust nach Ausschalten der Pumpe kann anhand des Analogsensors ermittelt werden. Das geschätzte Gesamtvolumen des Systems beträgt in diesem Fall 0,3 l, da die Ansaugstange nicht berücksichtigt wird. Diese Prozedur wurde im Rahmen der Ergänzungsprüfung auf Funktionsfähigkeit kontrolliert.

Die Prozedur wurde dreimal wiederholt.

6.4 Auswertung

Die Berechnung der Leckrate $\dot{V}_L$ ist nach folgender Gleichung vorzunehmen:

$$\dot{V}_L = \frac{\Delta p}{p_0} \frac{V_{ges}}{\Delta t}$$

Dabei ist

Δp die in der Zeitdifferenz Δt beobachtete Druckdifferenz

p_0 der Druck zum Zeitpunkt t_0

V_{ges} das geschätzte Gesamtvolumen des Systems (Totvolumen), hier 0,6 l bzw. 0,3 l

Δt die Zeitdifferenz für den Abfall des Drucks um die Differenz Δp

Der Maximalwert der drei ermittelten Leckraten wurde bestimmt.

6.5 Bewertung

Die maximal ermittelten Undichtigkeiten ergaben sich zu 0,79 % für Gerät 1 (SN 285) sowie zu 0,82 % für Gerät 2. Im Rahmen der Ergänzungsprüfung wurde am OPSIS SM 200 (Neu) eine maximale Undichtigkeit von 0,98 % ermittelt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 52 enthält die ermittelten Werte aus der Dichtigkeitsprüfung.

Tabelle 52: Ermittlung der Leckrate

SN 285							
Nr.	Datum	p_0 [KPa]	Δp [KPa]	Δt [min]	V_{ges} [m³]	Leckrate [l/min]	% vom Soll
1	10.01.03	84,1	18,5	1	0,0006	0,132	0,79
2	10.01.03	81,7	13,7	1	0,0006	0,101	0,60
3	10.01.03	79,9	15,3	1	0,0006	0,115	0,69
SN 288							
Nr.	Datum	p_0 [KPa]	Δp [KPa]	Δt [min]	V_{ges} [m³]	Leckrate [l/min]	% vom Soll
1	10.01.03	80,0	15,6	1	0,0006	0,117	0,70
2	10.01.03	78,6	17,8	1	0,0006	0,136	0,82
3	10.01.03	82,3	16,2	1	0,0006	0,118	0,71

Tabelle 53: Ermittlung der Leckrate, OPSIS SM 200 (Neu)

Nr.	Datum	p_0 [KPa]	Δp [KPa]	Δt [min]	V_{ges} [m³]	Leckrate [l/min]	% vom Soll
1	21.04.04	92,64	47,87	1	0,0003	0,155	0,93
2	21.04.04	92,54	50,28	1	0,0003	0,163	0,98
3	21.04.04	92,52	49,84	1	0,0003	0,162	0,97

6.1 5.4 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen

Mehrkomponentenmesseinrichtungen müssen die Anforderungen für jede Einzelkomponente erfüllen, auch bei Simultanbetrieb aller Messkanäle.
Bei sequentiellem Betrieb muss die Bildung von Stundenmittelwerten gesichert sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

7 Empfehlungen zum Praxiseinsatz

7.1 Arbeiten im Wartungsintervall

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

- Regelmäßige Sichtkontrolle / Telemetrische Überwachung
- - Gerätestatus in Ordnung
- - Keine Fehlermeldungen
- - Geräteinterne Tests zur Qualitätskontrolle in Ordnung
- - Keine Verschmutzungen
- Überprüfung der Gerätefunktionen nach Anweisung des Herstellers
- Monatlich: Reinigung/Einfetten der Impaktionsplatten
  Um durch die Wartung des Probenahmekopfes (Einfetten der Impaktionsplatte) den Probenahmebetrieb nicht übermäßig zu beeinflussen, wird empfohlen den benutzen Probenahmekopf gegen eine neuen, im Labor vorbereiteten, Probenahmekopf direkt vor Ort zu tauschen.

Im übrigen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

7.2 Funktionsprüfung und Kalibrierung

Zur Durchführung der Funktionsprüfung bzw. vor der Kalibrierung wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

- Sichtprüfung des Gerätes und des Probenahmesystems
- Kontrolle der Dichtheit
- Überprüfen des Durchflusses
- Überprüfen von Nullpunkt gemäß Punkt 6.1 5.2.9 Nullpunktsdrift
- Überprüfen der Referenzpunkte mittels Referenzfolien
- Überprüfen der Datenübertragung (Analog- und Statussignale) zum Auswertungssystem.

Weitere Einzelheiten zur Funktionsprüfung und Kalibrierung können der Bedienungsanleitung entnommen werden.

Immissionsschutz/Luftreinhaltung

Karsten Pletscher	Dr. Peter Wilbring

Köln, 05.07.2005
936/21201592/A

8 Literaturverzeichnis

[1] VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002

[2] VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004

[3] Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998

[4] VDI-Richtlinie 2463, Blatt 7, „Messen von Partikeln, Messen der Massenkonzentration (Immission), Filterverfahren, Kleinfiltergerät GS 050, 1982

[5] Bedienungshandbuch OPSIS SM 200-series, Stand 01/2000

[6] Bedienungshandbuch Low Volume Sampler LVS3, Stand 2000

[7] Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22.04.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft

[8] Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Immissionen

Richtlinien für die Bauausführung und Eignungsprüfung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen. RdSchr. d. BMI v. 19.8.1981 – U II 8 – 556 134/4

[9] Bedienungshandbuch OPSIS SM 200 (Neu)-Serie, Stand 06/2005 (Ausgabe 4)

[10] Bericht über die Eignungsprüfung des Schwebstaubimmissionsmessgerätes OPSIS SM 200 mit PM10 Vorabscheider der Firma OPSIS AB, Schweden, TÜV-Bericht-Nr.: 936/801013/A vom 29.01.2003

9 Anlagen

Anhang 1 Mess- und Rechenwerte

Anlage 1:	Nachweisgrenzen
Anlage 2:	Kalibrier- und Analysenfunktion
Anlage 3:	Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes
Anlage 4:	Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit
Anlage 5:	Netzspannungs- und Netzfrequenzabhängigkeit
Anlage 6:	Querempfindlichkeit des Nullpunktes
Anlage 7:	Messwerte aus den Feldteststandorten
Anlage 8:	Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten
Anlage 9:	Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch
Anlage 10:	Startbildschirm SM 200 (Alt)
Anlage 11:	Kalibrier- und Analysenfunktion, Standort Furulund
Anlage 12:	Messwerte aus dem Feldteststandort Furulund
Anlage 13:	Umgebungsbedingungen am Feldteststandort Furulund
Anlage 14:	Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch, Standort Furulund
Anlage 15:	Startbildschirm SM 200 (Neu)

Anhang 2 Handbücher

Anlage 1 **Nachweisgrenze (vom Gerät ausgegebene Messwerte)** **Blatt 1 von 2**

Hersteller	OPSIS AB		
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Temperatur Klimakammer	20 °C
Gerätetyp	SM 200	rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288	Nullgas	schwebstaubfreie Nulluft

Nr.	Datum	24-h-Messwerte [µg/m³] SN 285	SN 288
1	28.11.00	0	1,4
2	29.11.00	0	0
3	30.11.00	0	0
4	01.12.00	0	0
5	02.12.00	0	0
6	03.12.00	0	0
7	04.12.00	0	0
8	05.12.00	0	0
9	06.12.00	0	0
10	07.12.00	0	0
11	08.12.00	0,2	0
12	09.12.00	0	0
13	10.12.00	0	0
14	11.12.00	0,5	0
15	12.12.00	0	0
	Anzahl Werte	15	15
	Mittelwert	0,05	0,09
	Standardabweichung s_{x0}	0,14	0,36
	Nachweisgrenze x	**0,41**	**1,08**

$$s_{xo} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \overline{x_0})^2}$$

NWG = 3 * s_{x0}

Anlage 1 **Nachweisgrenze (Messwerte aus cpm errechnet)** **Blatt 2 von 2**

Hersteller	OPSIS AB			
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	Temperatur Klimakammer	20 °C
Gerätetyp	SM 200		rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		Nullgas	schwebstaubfreie Nulluft

Nr.	Datum	24-h-Messwerte [µg/m³] SN 285	SN 288
1	28.11.00	0,04	1,44
2	29.11.00	0,03	0,04
3	30.11.00	-0,12	-0,09
4	01.12.00	-0,04	-0,22
5	02.12.00	-0,88	0,03
6	03.12.00	0,05	0,01
7	04.12.00	-0,15	-0,42
8	05.12.00	-0,33	0,03
9	06.12.00	0,01	0,00
10	07.12.00	-0,05	-0,06
11	08.12.00	0,04	0,01
12	09.12.00	0,22	-0,51
13	10.12.00	-0,54	0,03
14	11.12.00	0,03	-0,14
15	12.12.00	0,51	0,00
	Anzahl Werte	15	15
	Mittelwert (Δcpm)	-0,08	0,01
	Standardabweichung s_{x0} (Δcpm)	0,32	0,43
	Nachweisgrenze x (Δcpm)	**0,96**	**1,29**

$$s_{xo} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \overline{x_0})^2}$$

NWG = 3 * s_{x0}

Anlage 2 **Kalibrier- und Analysenfunktion** **Blatt 1 von 1**

Hersteller	OPSIS AB			
			Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	Standorte	Parkplatzgelände Köln
Gerätetyp	SM 200			
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288			

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	SN 288	Messwerte Ref.verfahren [µg/m³]	Kalibrier- & Analysenfunktion	
1	15.12.00	13,1	14,7	17,0		
2	21.12.00	22	21,2	22,8		
3	23.12.00	42	39,3	39,1	**Kalibrierfunktion y = m*x+b**	
4	28.12.00	20,5	22,1	20,9		
5	29.12.00	25,6	23,7	20,7	SN 285	y=1,0374*x-1,8928
6	04.01.01	5,8	5,6	8,2		
7	08.01.01	22,8	23,7	22,7		R^2 = 0,9779
8	09.01.01	23	27,6	29,3		
9	10.01.01	17,9	17,9	17,7		
10	11.01.01	27,9	27,9	28,0	SN 288	y=1,0829*x-2,697
11	12.01.01	25,6	27	28,4		
12	13.01.01	34,6	36,5	37,6		R^2 = 0,9862
13	16.01.01	53,6	55,6	53,5		
14	17.01.01	76,4	82,9	76,9	**Analysenfunktion x = 1/m*y-b/m**	
15	18.01.01	56,9	55,7	53,9		
16	22.01.01	14,9	17,4	18,1	SN 285	x=0,9639*y+1,8246
17	28.01.01	36,3	30,6	36,4		
					SN 288	x=0,9234*y+2,4905

Anlage 3 Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (vom Gerät ausgebene Werte) Blatt 1 von 2

Hersteller	OPSIS AB			
			Klimakammer	Temperaturprogramm
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Gerätetyp	SM 200		Nullgas	schwebstaubfreie Nullluft
Serien-Nr.	SN 285		Bezugswert	B_2 = 2 µg/m³

Es werden die absoluten Abweichungen zum Ausgangspunkt bei 20 °C ermittelt.

Nr.	Datum	Temperatur [°C]	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	Abweichung [µg/m³]
1	03.02.01	20	0	-
2	04.02.01	10	0	0
3	05.02.01	5	0	0
4	06.02.01	10	0	0
5	07.02.01	20	0	-
6	08.02.01	30	0	0
7	09.02.01	40	0	0
8	10.02.01	30	0	0
9	11.02.01	20	0	-
10	12.02.01	20	0	-
11	13.02.01	10	0	0
12	14.02.01	5	0	0
13	15.02.01	10	0	0
14	16.02.01	20	0	-
15	17.02.01	30	0	0
16	18.02.01	40	0	0
17	19.02.01	30	0	0
18	20.02.01	20	0	-
19	21.02.01	20	0	-
20	22.02.01	10	0	0
21	23.02.01	5	0	0
22	24.02.01	10	0	0
23	25.02.01	20	0	-
24	26.02.01	30	0	0
25	27.02.01	40	0	0
26	28.02.01	30	0	0
27	01.03.01	20	0	-

Anlage 3 Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (vom Gerät ausgebene Werte) Blatt 2 von 4

Hersteller	OPSIS AB		
		Klimakammer	Temperaturprogramm
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Gerätetyp	SM 200	Nullgas	schwebstaubfreie Nullluft
Serien-Nr.	SN 288	Bezugswert	B_2 = 2 µg/m³

Es werden die absoluten Abweichungen zum Ausgangspunkt bei 20 °C ermittelt.

Nr.	Datum	Temperatur [°C]	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	Abweichung nach VDI [µg/m³] [c(T2)-c(T1)]
1	03.02.01	20	0	-
2	04.02.01	10	0	0
3	05.02.01	5	0	0
4	06.02.01	10	0	0
5	07.02.01	20	0	-
6	08.02.01	30	0	0
7	09.02.01	40	0	0
8	10.02.01	30	0	0
9	11.02.01	20	0	-
10	12.02.01	20	0	-
11	13.02.01	10	0	0
12	14.02.01	5	0	0
13	15.02.01	10	0	0
14	16.02.01	20	0	-
15	17.02.01	30	0	0
16	18.02.01	40	0	0
17	19.02.01	30	0	0
18	20.02.01	20	0	-
19	21.02.01	20	0	-
20	22.02.01	10	0	0
21	23.02.01	5	0	0
22	24.02.01	10	0	0
23	25.02.01	20	0	-
24	26.02.01	30	0	0
25	27.02.01	40	0	0
26	28.02.01	30	0	0
27	01.03.01	20	0	-

Anlage 3 Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Messwerte aus cpm errechnet) Blatt 3 von 4

Hersteller	OPSIS AB		
		Klimakammer	Temperaturprogramm
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Gerätetyp	SM 200	Nullgas	schwebstaubfreie Nullluft
Serien-Nr.	SN 285	Bezugswert	B_2 = 2 µg/m³

Es werden die absoluten Abweichungen zum Ausgangspunkt bei 20 °C ermittelt.

Nr.	Datum	Temperatur [°C]	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	Abweichung [µg/m³]
1	03.02.01	20	-0,08	-
2	04.02.01	10	0,04	0,12
3	05.02.01	5	-0,16	-0,08
4	06.02.01	10	0,02	0,10
5	07.02.01	20	-0,29	-
6	08.02.01	30	0,04	0,33
7	09.02.01	40	-0,42	-0,13
8	10.02.01	30	0,00	0,29
9	11.02.01	20	0,04	-
10	12.02.01	20	-0,04	-
11	13.02.01	10	-0,21	-0,17
12	14.02.01	5	0,02	0,06
13	15.02.01	10	-0,23	-0,19
14	16.02.01	20	0,02	-
15	17.02.01	30	-0,05	-0,07
16	18.02.01	40	-0,58	-0,60
17	19.02.01	30	-0,15	-0,17
18	20.02.01	20	0,00	-
19	21.02.01	20	0,04	-
20	22.02.01	10	-0,05	-0,09
21	23.02.01	5	-0,34	-0,37
22	24.02.01	10	-0,01	-0,05
23	25.02.01	20	0,01	-
24	26.02.01	30	-0,12	-0,13
25	27.02.01	40	-0,53	-0,54
26	28.02.01	30	0,04	0,03
27	01.03.01	20	0,05	-

Anlage 3 Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes (Messwerte aus cpm errechnet) Blatt 4 von 4

Hersteller	OPSIS AB			
			Klimakammer	Temperaturprogramm
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Gerätetyp	SM 200		Nullgas	schwebstaubfreie Nullluft
Serien-Nr.	SN 288		Bezugswert	B_2 = 2 µg/m³

Es werden die absoluten Abweichungen zum Ausgangspunkt bei 20 °C ermittelt.

Nr.	Datum	Temperatur [°C]	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	Abweichung nach VDI [µg/m³] [c(T2)-c(T1)]
1	03.02.01	20	-0,14	-
2	04.02.01	10	-0,13	0,01
3	05.02.01	5	-0,01	0,13
4	06.02.01	10	0,02	0,17
5	07.02.01	20	0,04	-
6	08.02.01	30	0,03	-0,01
7	09.02.01	40	-0,63	-0,67
8	10.02.01	30	0,01	-0,02
9	11.02.01	20	0,03	-
10	12.02.01	20	-0,30	-
11	13.02.01	10	-0,07	0,22
12	14.02.01	5	-0,08	0,21
13	15.02.01	10	0,04	0,33
14	16.02.01	20	0,00	-
15	17.02.01	30	-0,06	-0,06
16	18.02.01	40	-0,45	-0,45
17	19.02.01	30	-0,01	-0,01
18	20.02.01	20	0,03	-
19	21.02.01	20	-0,20	-
20	22.02.01	10	0,01	0,21
21	23.02.01	5	0,03	0,23
22	24.02.01	10	-0,14	0,06
23	25.02.01	20	0,00	-
24	26.02.01	30	-0,04	-0,04
25	27.02.01	40	-0,33	-0,33
26	28.02.01	30	0,00	0,00
27	01.03.01	20	0,03	-

Anlage 4 **Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit** **Blatt 1 von 2**

Hersteller	OPSIS AB		
		Klimakammer	Temperaturprogramm
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Gerätetyp	SM 200	Standards	Referenzfolien
Serien-Nr.	SN 285		

Es werden die relativen Abweichungen zum Ausgangspunkt bei 20 °C ermittelt.

Nr.	Temperatur [°C]	Messwert Folie 1 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 2 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 3 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 4 [mg]	Abw. [%]
1	20	28,702	-	39,481	-	59,061	-	78,857	-
2	10	28,692	-0,04	39,556	0,19	59,196	0,23	78,984	0,16
3	5	28,683	-0,07	39,584	0,26	59,287	0,38	79,053	0,25
4	10	28,443	-0,90	39,482	0,00	59,074	0,02	78,867	0,01
5	20	28,219	-	39,244	-	58,884	-	78,759	-
6	30	28,077	-0,50	39,194	-0,13	58,655	-0,39	78,601	-0,20
7	40	28,018	-0,71	39,110	-0,34	58,586	-0,51	78,433	-0,41
8	30	28,307	0,31	39,472	0,58	58,849	-0,06	78,844	0,11
9	20	28,457	-	39,528	-	58,910	-	78,948	-
10	20	28,322	-	39,449	-	58,892	-	78,862	-
11	10	28,205	-0,41	39,303	-0,37	58,766	-0,22	78,771	-0,12
12	5	28,143	-0,63	39,307	-0,36	58,850	-0,07	78,824	-0,05
13	10	28,079	-0,86	39,204	-0,62	58,708	-0,31	78,717	-0,18
14	20	28,183	-	39,341	-	58,778	-	78,770	-
15	30	28,065	-0,42	39,166	-0,45	58,586	-0,33	78,562	-0,26
16	40	27,887	-1,05	39,060	-0,71	58,381	-0,68	78,367	-0,51
17	30	28,173	-0,04	39,362	0,05	58,814	0,06	78,708	-0,08
18	20	28,332	-	39,543	-	58,963	-	78,918	-
19	20	28,269	-	39,430	-	58,864	-	78,857	-
20	10	28,267	-0,01	39,414	-0,04	58,886	0,04	78,836	-0,03
21	5	28,181	-0,31	39,351	-0,20	58,848	-0,03	78,805	-0,07
22	10	28,028	-0,85	39,204	-0,57	58,708	-0,26	78,718	-0,18
23	20	28,012	-	39,217	-	58,743	-	78,627	-
24	30	28,127	0,41	39,358	0,36	58,741	0,00	78,771	0,18
25	40	28,020	0,03	39,180	-0,09	58,453	-0,49	78,430	-0,25
26	30	28,122	0,39	39,350	0,34	58,777	0,06	78,752	0,16
27	20	28,253	-	39,523	-	58,991	-	78,859	-

Hersteller	OPSIS AB		
		Klimakammer	Temperaturprogramm
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Gerätetyp	SM 200	Standards	Referenzfolien
Serien-Nr.	SN 288		

Es werden die relativen Abweichungen zum Ausgangspunkt bei 20 °C ermittelt.

Nr.	Temperatur [°C]	Messwert Folie 1 [µg/m³]	Abw. [%]	Messwert Folie 2 [µg/m³]	Abw. [%]	Messwert Folie 3 [µg/m³]	Abw. [%]	Messwert Folie 4 [µg/m³]	Abw. [%]
1	20	28,856	-	40,101	-	59,395	-	78,808	-
2	10	29,042	0,64	40,325	0,56	59,645	0,42	78,996	0,24
3	5	28,976	0,42	40,264	0,41	59,625	0,39	79,024	0,27
4	10	28,899	0,15	40,296	0,49	59,624	0,39	79,014	0,26
5	20	28,806	-	40,224	-	59,528	-	78,847	-
6	30	28,785	-0,07	40,205	-0,05	59,435	-0,16	78,896	0,06
7	40	28,621	-0,64	40,023	-0,50	59,192	-0,57	78,649	-0,25
8	30	28,803	-0,01	40,177	-0,12	59,433	-0,16	78,826	-0,03
9	20	28,943	-	40,305	-	59,566	-	78,933	-
10	20	28,808	-	40,202	-	59,468	-	78,838	-
11	10	28,944	0,47	40,306	0,26	59,630	0,27	79,003	0,21
12	5	28,944	0,47	40,348	0,36	59,662	0,33	79,096	0,33
13	10	29,007	0,69	40,391	0,47	59,740	0,46	79,115	0,35
14	20	28,968	-	40,362	-	59,577	-	79,009	-
15	30	28,755	-0,74	40,121	-0,60	59,350	-0,38	78,781	-0,29
16	40	28,395	-1,98	39,755	-1,50	58,894	-1,15	78,395	-0,78
17	30	28,509	-1,58	39,999	-0,90	59,152	-0,71	78,687	-0,41
18	20	28,728	-	40,186	-	59,398	-	78,873	-
19	20	29,003	-	40,422	-	59,649	-	79,055	-
20	10	29,097	0,32	40,528	0,26	59,791	0,24	79,215	0,20
21	5	29,197	0,67	40,610	0,47	59,938	0,48	79,319	0,33
22	10	29,132	0,44	40,550	0,32	59,886	0,40	79,200	0,18
23	20	28,940	-	40,367	-	59,632	-	79,053	-
24	30	28,737	-0,70	40,240	-0,31	59,443	-0,32	78,847	-0,26
25	40	28,637	-1,05	40,096	-0,67	59,255	-0,63	78,636	-0,53
26	30	28,772	-0,58	40,239	-0,32	59,450	-0,30	78,676	-0,48
27	20	28,923	-	40,381	-	59,610	-	79,049	-

Anlage 5 **Netzspannungs - und Netzfrequenzabhängigkeit der Empfindlichkeit** **Blatt 1 von 1**

Hersteller OPSIS AB

Standards Referenzfolien

Messbereich 0 bis 1000 µg/m³
Gerätetyp SM 200
Serien-Nr. SN 285 / SN 288

Die Abweichungen werden nach folgender Formel errechnet: Abweichung = [(m(x2)-m(x1))/m(x1)]

SN 285 Nr.	Netzspannung [V]	Messwert Folie 1 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 2 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 3 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 4 [mg]	Abw. [%]
1	230	28,173	-	39,362	-	58,814	-	78,708	-
2	210	28,332	0,56	39,543	0,46	58,963	0,25	78,918	0,27
3	230	28,122	-0,74	39,350	-0,49	58,777	-0,32	78,753	-0,21
4	245	28,253	0,47	39,523	0,44	58,991	0,36	78,859	0,13
SN 288 Nr.	**Netzspannung [V]**	**Messwert Folie 1 [mg]**	**Abw. [%]**	**Messwert Folie 2 [mg]**	**Abw. [%]**	**Messwert Folie 3 [mg]**	**Abw. [%]**	**Messwert Folie 4 [mg]**	**Abw. [%]**
1	230	28,509	-	39,999	-	59,152	-	78,687	-
2	210	28,728	0,77	40,186	0,47	59,398	0,42	78,873	0,24
3	230	28,773	0,15	40,239	0,13	59,450	0,09	78,676	-0,25
4	245	28,923	0,52	40,381	0,35	59,610	0,27	79,049	0,47

SN 285 Nr.	Netzfrequenz [Hz]	Messwert Folie 1 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 2 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 3 [mg]	Abw. [%]	Messwert Folie 4 [mg]	Abw. [%]
1	50	28,067	-	39,302	-	59,599	-	78,959	-
2	48	28,118	0,18	39,395	0,24	59,655	0,09	79,003	0,06
3	50	28,100	-0,06	39,442	0,12	59,586	-0,12	78,776	-0,29
4	52	27,991	-0,39	39,265	-0,45	59,490	-0,16	78,859	0,11
SN 288 Nr.	**Netzfrequenz [Hz]**	**Messwert Folie 1 [mg]**	**Abw. [%]**	**Messwert Folie 2 [mg]**	**Abw. [%]**	**Messwert Folie 3 [mg]**	**Abw. [%]**	**Messwert Folie 4 [mg]**	**Abw. [%]**
1	50	28,280	-	39,648	-	59,512	-	79,022	-
2	48	28,376	0,34	39,766	0,30	59,567	0,09	79,058	0,05
3	50	28,333	-0,15	39,752	-0,04	59,576	0,01	78,841	-0,28
4	52	28,171	-0,57	39,580	-0,43	59,435	-0,24	78,923	0,11

Anlage 6 **Querempfindlichkeit des Nullpunktes** **Blatt 1 von 1**

Hersteller	OPSIS AB			
			Klimakammer	20 °C
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	rel. Luftfeuchte Klimakammer	60%
Gerätetyp	SM 200		Nullgas	schwebstaubfreie Nullluft, mit H2O beladen
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		Sollwert	0 µg/m³

Nr.	Datum	rel. Luftfeuchte [%]	8-h-Meßwerte [µg/m³] (vom Gerät ausgebene Werte) SN 285	Abweichung vom Soll [µg/m³] SN 285 [c(Ist)-c(Soll)]	8-h-Meßwerte [µg/m³] (vom Gerät ausgebene Werte) SN 288	Abweichung vom Soll [µg/m³] SN 288 [c(Ist)-c(Soll)]
1	04.04.2001 (SN 285)	>80 %	0	0	0,5	0,5
2		>80 %	0	0	0	0
3	22.05.2001 (SN 288)	>80 %	0	0	0	0

Nr.	Datum	rel. Luftfeuchte [%]	8-h-Meßwerte [µg/m³] (Messwerte aus cpm errechnet) SN 285	Abweichung vom Soll [µg/m³] SN 285 [c(Ist)-c(Soll)]	8-h-Meßwerte [µg/m³] (Messwerte aus cpm errechnet) SN 288	Abweichung vom Soll [µg/m³] SN 288 [c(Ist)-c(Soll)]
1	04.04.2001 (SN 285)	>80 %	-0,08	-0,08	0,49	0,49
2		>80 %	0,04	0,04	0,04	0,04
3	22.05.2001 (SN 288)	>80 %	0,04	0,04	-0,19	-0,19

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 1 von 12**

Hersteller OPSIS AB

Messbereich 0 bis 1000 µg/m³

Gerätetyp SM 200

Serien-Nr. SN 285 & SN 288

Messobjekt Schwebstaub PM 10, Außenluft

Standort Parkplatzgelände Köln

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
1	15.12.00	17	13,1	14,7			Köln
2	16.12.00		23,5	25,7			
3	17.12.00		41,8	40,8			
4	18.12.00		27,7	27,6			
5	19.12.00		35	30,7			
6	20.12.00		10,7	13,1			
7	21.12.00	22,8	22	21,2			
8	22.12.00		46,3	45,4			
9	23.12.00	39,1	42	39,3			
10	24.12.00		27	32,4			
11	25.12.00		19,7	20			
12	26.12.00		32,7	32,5			
13	27.12.00		42,9	41,7			
14	28.12.00	20,9	20,5	22,1			
15	29.12.00	20,7	25,6	23,7			
16	30.12.00		33,2	32,2			
17	31.12.00		25,6	31,8			
18	01.01.01		16	16,4			
19	02.01.01		20,3	20,9			
20	03.01.01		11,2	9,6			
21	04.01.01	8,2	5,8	5,6			
22	05.01.01		7	4,1			

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 2 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standort	Parkplatzgelände Köln / Wesseling
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
23	06.01.01		11,7	13,4			Köln
24	07.01.01		15,8	16,3			
25	08.01.01	22,7	22,8	23,7			
26	09.01.01	29,3	23	27,6	38,7	75,6	
27	10.01.01	17,7	17,9	17,9	22,3	79,7	
28	11.01.01	28	27,9	27,9			
29	12.01.01	28,4	25,6	27	40,4	70,4	
30	13.01.01	37,6	34,6	36,5			
31	14.01.01		44,3	45,4			
32	15.01.01		36,5	30			
33	16.01.01	53,5	53,6	55,6			
34	17.01.01	76,9	76,4	82,9	91,9	83,7	
35	18.01.01	53,9	56,9	55,7	59,4	90,8	
36	22.01.01	18,1	14,9	17,4	21,9	82,5	
37	23.01.01		0,3	3,2			
38	27.01.01		10,7	10,3			
39	28.01.01	36,4	36,3	30,6	79,7	45,7	
40	20.04.02	40,9	50,3	48,7			Wesseling
41	21.04.02	43,2	49,9	47,8	45,5	94,9	
42	22.04.02		47,3	49,1			
43	23.04.02	47,8	51,4	51,7	61,3	78,0	
44	24.04.02	70,6	71,6	71,8			

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 3 von 12**

Hersteller	OPSIS AB		
		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standort	Wesseling
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
45	25.04.02		78,1	77,5			Wesseling
46	26.04.02		36,1	36,8			
47	27.04.02	15,1	14,1	14,3			
48	28.04.02	15,9	13,3	13,8			
49	29.04.02	16,4	16,9	16,5			
50	30.04.02		26,7	26,5			
51	01.05.02	15,2	14,7	14,9	22,1	68,8	
52	02.05.02	14,6	16,8	14,8			
53	03.05.02		34,9	32,8			
54	04.05.02		19,6	21,4			
55	05.05.02	8,2	8,5	8,8	10	82,0	
56	06.05.02	19,9	23,1	23,1			
57	07.05.02	19,5	25,6	22	50,9	38,3	
58	08.05.02		45,9	45,2			
59	09.05.02	50,1	50,6	52,7	89,1	56,2	
60	10.05.02	40,6	42,8	41,1	49,2	82,5	
61	11.05.02		66	64,8			
62	12.05.02	67	71,1	68,5	83,7	80,0	
63	13.05.02	32,2	33,3	33,5	48,2	66,8	
64	14.05.02		17,5	16,9			
65	15.05.02	20,2	27,4	26,4	43	47,0	
66	16.05.02	30,6	31,4	32,8			

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 4 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standort	Wesseling
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
67	17.05.02		48	50,2			Wesseling
68	18.05.02	26,6	27,5	28,4	36,5	72,9	
69	19.05.02	16,6	17,9	17,3			
70	22.05.02	20,4	21,8	24,3	36	56,7	
71	23.05.02	15,7	22,5	19,3	24,7	63,6	
72	24.05.02		24,8	24,6			
73	25.05.02	14	14,9	17,6	19	73,7	
74	26.05.02	12,4	13,2	14,6	20	62,0	
75	27.05.02		13,6	14,7			
76	28.05.02	17,4	22	24,5	37,2	46,8	
77	29.05.02	15,8	21,9	19,3	20,3	77,8	
78	30.05.02		19,3	18,6			
79	31.05.02	20,8	24,7	27	36,9	56,4	
80	01.06.02	23,8	27,5	27,4	47,2	50,4	
81	02.06.02		10,6	11,7			
82	03.06.02	22,6	21,1	23,2	34,5	65,5	
83	04.06.02	32,6	30,7	34,4	44,9	72,6	
84	05.06.02		22,6	23,6			
85	06.06.02		19,6	21,7			
86	07.06.02	38,6	36,5	43,7	50,7	76,1	
87	08.06.02	20,2	18,6	21,2	21,6	93,5	
88	09.06.02		19,3	19,7			

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 5 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standort	Wesseling / Mechernich
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
89	11.06.02	19,1	16,6	15	23,7	80,6	Wesseling
90	12.06.02	10,1	13,7	13,6	11	91,8	
91	13.06.02		14	13,8			
92	14.06.02	18,9	23,2	21,2	31	61,0	
93	15.06.02	24,5	32,7	28,6	31,3	78,3	
94	16.06.02		26,3	22,8			
95	17.06.02		38,7	41,5			
96	18.06.02	52,5	50,9	55,4	60,7	86,5	
97	19.06.02	27,7	32,1	30,2	48,9	56,6	
98	20.06.02		38,2	38,9			
99	21.06.02	36,9	37,2	37,5	48,9	75,5	
100	22.06.02	27,9	29,4	31,4	32,8	85,1	
101	23.06.02		16,4	16			
102	02.07.02	7,4	7	8,7	12,1	61,2	Mechernich
103	03.07.02	5,6	8	10	5,8	96,6	
104	04.07.02		18,2	21,6			
105	05.07.02		17,2	16,2			
106	06.07.02	9,2	13,1	8,9	12,8	71,9	
107	07.07.02	18,3	20,8	19,6	19,5	93,8	
108	08.07.02		14,2	15,5			
109	09.07.02	18,6	21,2	19,1	24,8	75,0	
110	11.07.02	15,5	16,7	13,2	16,4	94,5	

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 6 von 12**

Hersteller	OPSIS AB		
		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standort	Mechernich
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
111	12.07.02		15,8	16,8			Mechernich
112	14.07.02	35,1	37,9	35,8	40,3	87,1	
113	15.07.02		32,3	31,1			
114	16.07.02	32,4	32	33,4	43,8	74,0	
115	17.07.02	31,1	31,3	29,7	39,8	78,1	
116	18.07.02	20	19,3	18,2	26,6	75,2	
117	23.07.02	13,1	12,9	12	20,0	65,5	
118	24.07.02	11	12,1	12,4			
119	25.07.02	30,1	28,2	28,7	37,0	81,4	
120	26.07.02		24,9	29,9			
121	27.07.02	12,7	19,4	19,8	22,4	56,7	
122	28.07.02	12,9	16,9	17,9			
123	29.07.02		24	24			
124	30.07.02	26,8	27,7	29,3	38,9	68,9	
125	31.07.02		21,9	23,4			
126	01.08.02	18,3	20,4	20,2	26,1	70,1	
127	02.08.02		15	15,9			
128	03.08.02	12,4	12,5	12,2	14,1	87,9	
129	04.08.02	9,5	8,8	9,6	12,1	78,5	
130	05.08.02		11,2	11,7			
131	06.08.02	25,7	27,8	26	26,5	97,0	
132	07.08.02	24,1	27,8	27,3	27,2	88,6	

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 7 von 12**

Hersteller	OPSIS AB		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	Standort	Mechernich
Gerätetyp	SM 200			
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288			
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³			

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
133	08.08.02	24,9	27,8	24,9	32,6	76,4	Mechernich
134	09.08.02		16,3	15,5			
135	10.08.02	17,8	21,2	21			
136	11.08.02	34,3	35,8	36,6	35,9	95,5	
137	12.08.02		23,4	23,4			
138	13.08.02	27,2	33,2	31	32,4	84,0	
139	14.08.02	31	35,9	34,6	44,8	69,2	
140	15.08.02		22,4	22,3			
141	16.08.02		22,5	22			
142	17.08.02	16,7	22,5	24,1			
143	18.08.02	26,6	26,6	28,7	33	80,6	
144	21.08.02	14,6	10,5	10,9	15,2	96,1	
145	22.08.02		17,1	17			
146	23.08.02		38,5	37,3			
147	24.08.02	32,9	37,2	36	35,5	92,7	
148	25.08.02	35,2	29,4	29,7	38,76	90,8	
149	27.08.02	64,5	65,8	63,5	78,9	81,7	
150	28.08.02	75,8	75,9	75,3	84,2	90,0	
151	29.08.02		79,9	77,6			
152	03.09.02	15,3	15,3	14,8	24	63,8	
153	04.09.02	16,7	17,3	18,6	17,5	95,4	
154	05.09.02	25,4	28	27,8	31	81,9	

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 8 von 12**

Hersteller	OPSIS AB		
		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standort	Mechernich
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
155	06.09.02		27,8	26,4			Mechernich
156	07.09.02	21,3	21,7	22,8	28,2	75,5	
157	08.09.02	19,7	20,7	20	20,1	98,0	
158	09.09.02		16,1	16,3			
159	10.09.02	12,8	13,4	12,2	13,6	94,1	
160	11.09.02	18,9	21,3	22,6	21,2	89,2	
161	12.09.02	27,5	30,1	30,7	35	78,6	
162	13.09.02		22,1	21,1			
163	14.09.02	35,9	33,4	35,6	41	87,6	
164	15.09.02	19,4	17,6	18,7	24,1	80,5	
165	16.09.02		20,7	19			
166	17.09.02	26,3	27,8	26,4	34,1	77,1	
167	18.09.02	35,4	38,5	38,7	43,2	81,9	
168	19.09.02		17,7	20,5			
169	20.09.02		19,7	23,5			
170	21.09.02	22,8	20,8	23,8	36,1	63,2	
171	22.09.02	16,2	9,1	11,5	19,6	82,7	
172	23.09.02		11,4	11,5			
173	24.09.02	9,1	10,7	9,8	15,9	57,2	
174	25.09.02	15,6	14,9	12,5	18,9	82,5	
175	30.09.02	10	6,8	7,1	15,1	66,2	
176	01.10.02	13,5	11	10,6	16,1	83,9	

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 9 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standort	Mechernich
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
177	02.10.02		20,5	17,6			Mechernich
178	03.10.02		22	27,2			
179	04.10.02		17	14,9			
180	05.10.02		12,6	8,2			
181	06.10.02		5,5	5,8			
182	07.10.02		15,1	10,6			
183	08.10.02	14,5	14	15,4	21,4	67,8	
184	09.10.02	8,7	7,5	7,1	14,2	61,3	
185	10.10.02		15,4	18,4			
186	11.10.02		28	31,1			
187	12.10.02	24,5	24	22,7	31,6	77,5	
188	13.10.02	15,3	14,5	12,6	16,2	94,4	
189	14.10.02		10,7	9,1			
190	15.10.02		12,1	13,4			
191	16.10.02	10	5,4	6,1	11,6	86,2	
192	17.10.02	9,5	6,4	5,6	15	63,3	
193	18.10.02		11,1	11,5			
194	19.10.02		11,4	9,6			
195	20.10.02	11,5	10,8	7,7	21,6	53,2	
196	21.10.02	5,6	4,1	4,3	12,7	44,1	
197	22.10.02	3,1	2,4	1,4	6,6	47,0	
198	23.10.02		7,6	6			



Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 10 von 12**

Hersteller	OPSIS AB			
			Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	Standort	Mechernich / Brühl
Gerätetyp	SM 200			
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288			
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³			

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
199	24.10.02		7	8,4			Mechernich
200	25.10.02		0,9	0,1			
201	26.10.02		10,7	11,5			
202	27.10.02		11	12,1			
203	29.10.02	12,7	6,4	8,5	18,1	70,2	
204	30.10.02	12,4	10,1	9,4	14,8	83,8	
205	31.10.02		17,8	19,1			
206	01.11.02		17,8	15,6			
207	02.11.02		7,2	5			
208	03.11.02		3,5	4,4			
209	04.11.02		14,5	13,4			
210	05.11.02	32,3	30,4	29	38	85,0	
211	06.11.02	15,3	16	12,6	15,6	98,1	
212	07.11.02		2,4	3			
213	08.11.02		5,2	4,4			
214	09.11.02	11,4	5,1	5,8	12,2	93,4	
215	10.11.02	25,2	22	22,2	27,7	91,0	
216	20.11.02	30,4	27,5	31,2	33,6	90,5	Brühl
217	21.11.02		15	15,1			
218	22.11.02	15	14,5	14,6	23,3	64,4	
219	23.11.02	14,4	13,9	13,8	16,8	85,7	
220	24.11.02		13,5	11,6			

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 11 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standort	Brühl
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
221	25.11.02		20,7	17,8			Brühl
222	26.11.02	35	35,5	30,9	35,3	99,2	
223	27.11.02	19,8	16,9	16,5	23,8	83,2	
224	28.11.02		21,1	19,9			
225	29.11.02		18,9	19,3			
226	30.11.02	39,3	38,6	37,4	44,5	88,3	
227	01.12.02	16,9	17,6	14,8	18,7	90,4	
228	02.12.02		5,5	4			
229	03.12.02	24,1	23,1	21,6	27	89,3	
230	04.12.02	27,2	22	23,4	32,6	83,4	
231	05.12.02		28,6	28,6			
232	06.12.02		20,4	21			
233	07.12.02	28,4	21,7	23,9	52,4	54,2	
234	08.12.02	31,8	33,5	32	66,4	47,9	
235	09.12.02		24,1	24,1			
236	10.12.02	34,4	29,5	27,4	36,5	94,2	
237	13.12.02	53	54,1	51,3	53,6	98,9	
238	14.12.02	53,9	54,2	48,4	57,3	94,1	
239	15.12.02		20,1	23,4			
240	16.12.02		13	10,5			
241	17.12.02	43,3	41,5	41,1	46,9	92,3	
242	18.12.02	34,2	32,5	29,7	36,9	92,7	

Anlage 7 **Messwerte aus den Feldteststandorten** **Blatt 12 von 12**

Hersteller OPSIS AB

Messobjekt Schwebstaub PM 10, Außenluft
Standort Brühl

Messbereich 0 bis 1000 µg/m³
Gerätetyp SM 200
Serien-Nr. SN 285 & SN 288

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 285 [µg/m³]	OPSIS SN 288 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	Verhältnis PM10/TSP [%]	Standort
243	19.12.02		19,7	21,2			Brühl
244	20.12.02	21,1	24,4	23,3			
245	21.12.02	19,3	19,5	19			
246	22.12.02		7,2	6,6			
247	23.12.02		7,5	8			
248	24.12.02		10,9	9,6			
249	25.12.02		12,2	11,4			
250	26.12.02		6,3	6			
251	27.12.02		4,2	5,8			
252	28.12.02		9,7	10			
253	29.12.02		6,2	5,6			
254	30.12.02		2,7	3,2			
255	31.12.02		10,9	8,9			
256	01.01.03		10,3	11,8			
257	02.01.03		0	0,1			
258	03.01.03		7,5	7,5			
259	04.01.03		20,9	17,9			
260	05.01.03		21,5	19,7			

Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 1 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
1	15.12.00	Parkplatz Köln	6,0	997	82,2	4,2	266	4,7
2	16.12.00		4,0	1003	65,9	3,9	269	0,0
3	17.12.00		1,5	1008	82,2	0,3	242	0,0
4	18.12.00		2,9	1011	84,8	1,8	122	1,1
5	19.12.00		4,7	1014	84,2	2,4	106	0,0
6	20.12.00		2,4	1015	62,3	4,2	123	0,0
7	21.12.00		1,4	1016	42,1	5,1	133	0,0
8	22.12.00		-1,4	1013	55,3	4,8	127	0,0
9	23.12.00		0,3	1005	59,9	2,1	137	0,0
10	24.12.00		2,8	995	72,0	1,0	146	1,1
11	25.12.00		2,2	990	87,8	2,0	56	0,0
12	26.12.00		1,1	985	93,3	0,3	39	4,0
13	27.12.00		3,6	982	98,6	1,1	107	4,0
14	28.12.00		1,8	989	84,0	2,1	248	0,7
15	29.12.00		1,5	991	77,6	0,8	225	0,0
16	30.12.00		1,7	994	82,0	2,7	262	1,1
17	31.12.00		2,3	1011	81,1	1,8	228	0,0
18	01.01.01		3,1	995	75,1	5,1	143	10,8
19	02.01.01		9,3	990	75,5	3,6	160	2,5
20	03.01.01		7,9	997	69,3	3,0	213	1,1
21	04.01.01		7,7	993	72,2	4,1	170	4,3
22	05.01.01		9,2	985	78,7	3,7	186	12,6
23	06.01.01		8,2	992	81,1	1,7	239	0,4
24	07.01.01		5,1	1003	83,7	1,0	227	0,4
25	08.01.01		5,1	1006	78,3	1,0	229	0,7
26	09.01.01		5,7	1008	78,1	1,0	249	0,0
27	10.01.01		2,9	1005	87,3	2,2	105	13,0
28	11.01.01		3,7	1013	85,1	1,9	64	0,0
29	12.01.01		0,6	1020	79,8	1,0	64	0,4
30	13.01.01		-0,2	1026	55,0	0,9	75	0,0



Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 2 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
31	14.01.01	Parkplatz Köln	-0,6	1026	72,9	0,2	103	0,0
32	15.01.01		-0,5	1020	39,7	1,2	88	0,0
33	16.01.01		-2,1	1017	51,7	0,7	144	0,0
34	17.01.01		-2,5	1013	60,6	0,9	109	0,0
35	18.01.01		1,9	1012	72,3	2,0	124	2,2
36	22.01.01		4,7	1002	94,8	2,5	131	7,9
37	23.01.01		8,4	995	78,7	3,3	167	3,2
38	27.01.01		4,8	989	75,5	4,2	201	7,6
39	28.01.01		3,8	996	75,7	0,5	242	0,4
40	20.04.02	Wesseling	12,1	1022	63,2	3,5	309	0,0
41	21.04.02		15,2	1027	52,2	1,3	198	0,0
42	22.04.02		15,5	1025	62,1	0,9	121	0,0
43	23.04.02		16,2	1022	58,3	3,6	292	0,0
44	24.04.02		16,7	1019	65,7	2,5	231	0,0
45	25.04.02		16,7	1013	68,3	2,9	226	0,0
46	26.04.02		12,5	1002	72,6	4,0	271	6,8
47	27.04.02		10,5	1002	64,9	5,6	275	1,1
48	28.04.02		11,6	996	71,1	5,0	215	10,4
49	29.04.02		12,2	997	64,7	5,8	254	1,4
50	30.04.02		13,8	1002	50,2	5,0	224	0,0
51	01.05.02		15,3	999	53,5	4,7	228	0,0
52	02.05.02		13,4	1001	66,4	3,5	218	0,0
53	03.05.02		10,7	1007	74,5	4,0	265	2,9
54	04.05.02		10,1	1007	92,5	4,7	315	38,9
55	05.05.02		9,3	1007	92,4	4,8	272	0,7
56	06.05.02		11,3	1015	77,9	1,3	154	1,4
57	07.05.02		16,0	1014	61,4	1,7	115	0,0
58	08.05.02		19,1	1007	62,7	1,4	100	0,0
59	09.05.02		20,5	1000	67,4	1,4	216	0,0
60	10.05.02		18,9	1000	81,5	2,3	189	1,4

Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 3 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
61	11.05.02	Wesseling	17,8	1002	76,5	3,0	253	0,0
62	12.05.02		15,5	1006	85,6	1,4	176	13,3
63	13.05.02		17,4	1008	68,9	3,1	170	0,0
64	14.05.02		16,9	1009	56,7	5,5	233	0,0
65	15.05.02		17,8	1018	54,5	2,8	209	0,0
66	16.05.02		21,7	1014	56,7	1,5	157	0,0
67	17.05.02		23,5	1006	53,1	1,3	107	0,0
68	18.05.02		18,6	1007	76,8	3,3	252	2,9
69	19.05.02		18,2	1013	56,9	2,9	241	0,0
70	22.05.02		20,5	995	54,4	3,4	198	0,0
71	23.05.02		16,5	1001	69,2	2,7	218	1,4
72	24.05.02		17,3	1003	57,2	4,2	224	0,7
73	25.05.02		16,0	1005	58,1	3,6	246	1,4
74	26.05.02		16,0	1002	56,5	4,3	200	0,4
75	27.05.02		16,7	1001	51,9	3,4	195	0,0
76	28.05.02		18,0	1002	50,1	2,9	198	0,0
77	29.05.02		16,9	1008	49,5	4,5	272	0,0
78	30.05.02		16,6	1016	53,0	2,5	189	0,0
79	31.05.02		17,7	1018	51,9	3,6	264	0,0
80	01.06.02		19,2	1018	35,5	2,1	85	0,0
81	02.06.02		20,1	1014	33,9	2,9	145	0,0
82	03.06.02		20,1	1005	51,9	3,9	167	3,6
83	04.06.02		22,5	1000	57,4	2,7	165	0,0
84	05.06.02		20,9	992	70,4	2,8	160	0,0
85	06.06.02		21,0	995	58,5	3,0	175	0,0
86	07.06.02		18,5	997	65,8	4,9	326	0,0
87	08.06.02		19,7	1001	50,7	2,5	223	0,0
88	09.06.02		20,1	1002	59,9	1,4	204	1,8
89	11.06.02		16,3	1008	73,6	3,1	205	4,0
90	12.06.02		18,8	1008	76,0	3,6	228	4,3

Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 4 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
91	13.06.02	Wesseling	17,5	1009	82,3	4,0	260	1,4
92	14.06.02		22,5	1009	62,3	2,6	232	7,9
93	15.06.02		21,7	1008	67,8	4,2	265	0,0
94	16.06.02		22,8	1011	63,4	1,6	180	0,0
95	17.06.02		27,9	1010	56,7	1,5	171	0,0
96	18.06.02		29,8	1008	51,9	4,4	218	0,0
97	19.06.02		22,3	1015	64,2	3,5	237	0,0
98	20.06.02		22,2	1011	76,0	3,8	235	21,6
99	21.06.02		21,2	1014	61,4	2,6	188	0,0
100	22.06.02		24,1	1013	52,3	2,9	227	0,0
101	23.06.02		20,9	1013	55,2	4,1	266	0,0
102	02.07.02	Mechernich	13,8	956	75,1	3,2	291	1,4
103	03.07.02		14,0	954	86,4	3,6	279	3,2
104	04.07.02		15,3	965	70,9	2,0	285	0,0
105	05.07.02		17,1	966	60,9	1,9	283	1,1
106	06.07.02		16,3	966	78,5	0,9	286	3,6
107	07.07.02		18,0	969	68,0	1,0	294	0,0
108	08.07.02		22,1	965	51,5	1,7	278	0,0
109	09.07.02		22,8	961	56,8	1,5	274	2,9
110	11.07.02		16,1	970	66,0	1,5	283	0,0
111	12.07.02		18,1	972	59,6	0,7	199	0,4
112	14.07.02		16,7	972	97,6	1,6	228	13,3
113	15.07.02		18,5	971	93,5	1,4	141	0,4
114	16.07.02		17,7	967	84,0	1,3	181	0,0
115	17.07.02		16,9	966	85,3	2,0	203	0,0
116	18.07.02		14,8	968	73,8	1,8	217	0,0
117	23.07.02		16,9	966	63,5	1,7	292	0,0
118	24.07.02		16,5	964	80,5	1,4	255	1,4
119	25.07.02		16,4	967	68,9	0,6	262	0,7
120	26.07.02		17,6	969	80,2	0,7	278	0,0

Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 5 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
121	27.07.02	Mechernich	22,7	971	65,2	0,9	200	0,0
122	28.07.02		24,4	971	44,3	1,7	192	0,0
123	29.07.02		25,7	970	42,0	0,9	179	0,0
124	30.07.02		23,8	964	60,0	1,2	237	15,8
125	31.07.02		21,0	961	80,1	0,7	209	54,7
126	01.08.02		19,1	963	84,3	0,7	237	1,1
127	02.08.02		19,4	966	60,5	0,8	268	1,4
128	03.08.02		16,0	965	81,9	0,7	220	3,6
129	04.08.02		18,1	964	66,7	1,1	276	0,0
130	05.08.02		16,7	965	72,0	0,6	262	0,0
131	06.08.02		15,5	964	87,3	0,2	235	27,0
132	07.08.02		17,5	967	78,8	0,8	198	0,0
133	08.08.02		18,6	965	72,4	0,5	204	0,4
134	09.08.02		18,5	958	74,7	1,0	253	10,4
135	10.08.02		17,3	956	80,7	0,8	228	0,0
136	11.08.02		17,1	958	87,4	0,9	248	1,4
137	12.08.02		17,2	962	76,5	1,4	256	0,0
138	13.08.02		18,7	970	68,4	1,1	248	0,0
139	14.08.02		19,8	972	68,8	1,0	195	0,0
140	15.08.02		22,4	970	52,5	0,9	205	0,0
141	16.08.02		22,9	970	48,5	1,0	191	0,0
142	17.08.02		23,4	968	48,4	1,3	195	0,0
143	18.08.02		24,4	966	47,6	1,5	209	0,0
144	21.08.02		16,2	966	96,5	0,7	280	11,2
145	22.08.02		16,4	969	92,5	0,7	241	0,4
146	23.08.02		17,4	969	90,0	0,8	149	0,0
147	24.08.02		17,9	970	86,8	0,4	246	7,9
148	25.08.02		16,0	974	83,5	0,9	187	0,0
149	27.08.02		19,5	966	93,0	0,6	211	0,7
150	28.08.02		20,2	967	90,9	1,0	217	35,3



Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 6 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
151	29.08.02	Mechernich	19,6	969	86,5	0,6	226	0,0
152	03.09.02		15,2	969	56,4	1,8	163	2,2
153	04.09.02		16,2	964	78,9	1,3	266	1,1
154	05.09.02		17,7	966	71,3	0,6	247	0,4
155	06.09.02		17,4	968	64,1	1,2	289	0,0
156	07.09.02		17,4	965	62,6	1,7	286	0,0
157	08.09.02		18,7	963	59,6	1,6	284	0,4
158	09.09.02		19,5	964	63,7	1,4	261	0,4
159	10.09.02		14,1	971	80,3	0,7	190	2,9
160	11.09.02		14,1	975	87,6	1,3	170	0,4
161	12.09.02		16,0	975	73,8	2,6	114	0,0
162	13.09.02		14,4	975	61,4	0,9	159	0,0
163	14.09.02		13,7	973	86,5	1,0	290	0,4
164	15.09.02		14,1	972	76,0	1,8	274	0,0
165	16.09.02		12,7	970	80,3	0,8	311	0,0
166	17.09.02		12,8	969	81,4	0,6	319	0,0
167	18.09.02		11,9	967	85,2	0,9	287	0,0
168	19.09.02		13,5	966	72,5	1,0	285	0,0
169	20.09.02		13,3	969	77,3	1,1	251	0,0
170	21.09.02		12,3	968	82,3	0,2	206	0,0
171	22.09.02		11,4	962	89,6	1,1	270	9,4
172	23.09.02		9,3	964	84,8	3,9	187	0,4
173	24.09.02		8,3	970	68,1	3,8	134	0,0
174	25.09.02		8,3	968	93,8	0,5	271	5,4
175	30.09.02		13,3	977	48,7	1,8	213	0,0
176	01.10.02		15,9	974	49,8	0,8	325	0,0
177	02.10.02		15,2	972	64,9	1,3	322	0,0
178	03.10.02		15,2	973	84,9	0,3	323	5,4
179	04.10.02		13,4	976	81,3	0,9	212	0,0
180	05.10.02		10,7	970	93,4	1,0	293	13,3

Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 7 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
181	06.10.02	Mechernich	9,9	965	98,2	2,0	193	5,4
182	07.10.02		7,9	968	82,6	0,3	256	0,4
183	08.10.02		7,3	965	88,3	1,6	117	0,0
184	09.10.02		7,3	961	73,7	2,5	98	0,0
185	10.10.02		7,8	960	80,1	1,9	94	0,0
186	11.10.02		5,9	963	92,3	2,0	75	0,0
187	12.10.02		6,8	962	88,6	0,8	146	0,7
188	13.10.02		9,0	962	94,8	0,5	191	0,0
189	14.10.02		9,7	958	84,0	3,9	243	0,0
190	15.10.02		10,8	960	90,2	2,7	268	2,5
191	16.10.02		12,3	953	86,7	3,4	295	7,9
192	17.10.02		9,3	952	91,7	0,9	327	2,5
193	18.10.02		6,3	958	89,6	1,6	307	3,2
194	19.10.02		6,1	966	83,8	1,1	283	0,4
195	20.10.02		5,6	967	72,8	1,3	206	1,1
196	21.10.02		11,3	952	86,9	3,8	247	0,0
197	22.10.02		13,1	945	87,4	3,4	267	13,0
198	23.10.02		9,8	948	84,4	3,2	274	3,2
199	24.10.02		7,5	961	75,5	2,9	260	0,0
200	25.10.02		10,3	952	93,7	3,5	262	26,3
201	26.10.02		9,7	961	77,5	4,1	283	11,5
202	27.10.02		10,5	959	81,5	6,5	277	6,5
203	29.10.02		8,0	970	74,3	2,1	230	0,7
204	30.10.02		10,8	965	97,3	0,4	218	4,7
205	31.10.02		10,5	968	98,7	0,3	197	0,0
206	01.11.02		11,3	968	91,0	2,0	272	9,0
207	02.11.02		12,8	963	85,7	1,3	206	8,6
208	03.11.02		11,1	958	86,5	2,6	232	3,2
209	04.11.02		8,3	964	94,0	0,8	259	0,4
210	05.11.02		7,8	973	96,3	0,4	215	1,8

Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 8 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
211	06.11.02	Mechernich	5,9	969	86,8	2,7	254	6,5
212	07.11.02		4,8	961	97,0	1,8	252	8,3
213	08.11.02		4,7	961	90,5	3,9	272	14,8
214	09.11.02		6,9	952	91,6	2,7	255	1,1
215	10.11.02		5,2	958	92,5	2,4	260	2,4
216	20.11.02	Brühl	7,9	1002	84,8	3,0	134	0,0
217	21.11.02		9,3	991	78,2	3,5	125	2,2
218	22.11.02		9,3	992	84,6	1,5	180	0,4
219	23.11.02		8,4	998	78,2	3,0	144	0,4
220	24.11.02		8,6	1000	87,6	1,2	151	2,9
221	25.11.02		8,2	995	95,0	1,7	183	4,7
222	26.11.02		9,1	1005	84,7	1,6	255	0,4
223	27.11.02		7,5	1008	85,6	2,2	169	0,0
224	28.11.02		9,5	1003	80,4	2,6	154	2,5
225	29.11.02		9,3	1005	89,6	0,5	198	0,7
226	30.11.02		9,1	1011	88,2	1,3	282	0,0
227	01.12.02		7,9	1003	79,9	3,5	161	11,2
228	02.12.02		7,0	994	86,3	2,1	170	1,1
229	03.12.02		7,5	1003	86,5	0,4	151	0,0
230	04.12.02		6,7	1007	83,4	1,0	162	0,0
231	05.12.02		6,5	1011	77,1	2,6	119	0,0
232	06.12.02		3,4	1018	71,3	5,0	50	0,0
233	07.12.02		2,4	1016	67,1	4,2	85	0,0
234	08.12.02		0,7	1018	53,5	5,6	109	0,0
235	09.12.02		-2,5	1019	28,1	4,7	111	0,0
236	10.12.02		-3,5	1017	35,8	4,8	117	0,0
237	13.12.02		0,8	1015	70,7	2,6	117	1,1
238	14.12.02		3,0	1012	77,6	2,8	121	1,1
239	15.12.02		3,4	1005	74,1	6,4	131	1,8
240	16.12.02		6,8	1004	75,3	3,3	225	1,1

Anlage 8 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 9 von 9**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
241	17.12.02	Brühl	2,9	1013	89,1	3,7	254	0,4
242	18.12.02		2,0	1023	61,4	1,6	132	0,0
243	19.12.02		1,1	1022	74,4	2,4	121	0,0
244	20.12.02		1,6	1012	79,5	1,4	133	1,1
245	21.12.02		4,9	1010	98,9	0,3	223	2,2
246	22.12.02		9,2	1001	91,1	5,1	185	18,0
247	23.12.02		8,1	1005	89,3	2,9	147	1,4
248	24.12.02		10,8	1003	78,6	2,6	140	1,8
249	25.12.02		10,9	1006	84,4	2,9	135	0,7
250	26.12.02		9,4	999	83,6	4,0	142	1,8
251	27.12.02		11,0	990	80,9	3,4	131	5,8
252	28.12.02		10,4	991	80,3	2,3	234	0,7
253	29.12.02		8,8	996	79,0	3,1	220	18,4
254	30.12.02		13,1	991	73,6	6,6	273	14,4
255	31.12.02		2,9	1002	74,4	4,7	185	0,0
256	01.01.03		5,1	996	76,8	4,7	172	11,5
257	02.01.03		11,4	980	68,7	6,4	239	14,4
258	03.01.03		9,0	988	72,5	5,0	271	4,3
259	04.01.03		1,0	998	65,3	4,7	132	0,0
260	05.01.03		-1,3	1005	65,5	2,6	189	0,0

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 1 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Parkplatzgelände Köln
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 285 - SN 288)²	Standort
		SN 285	SN 288	[µg/m³]²	
1	15.12.00	13,1	14,7	2,56	Parkplatzgelände Köln
2	16.12.00	23,5	25,7	4,84	
3	17.12.00	41,8	40,8	1	
4	18.12.00	27,7	27,6	0,01	
5	19.12.00	35	30,7	18,49	
6	20.12.00	10,7	13,1	5,76	
7	21.12.00	22	21,2	0,64	
8	22.12.00	46,3	45,4	0,81	
9	23.12.00	42	39,3	7,29	
10	24.12.00	27	32,4	29,16	
11	25.12.00	19,7	20	0,09	
12	26.12.00	32,7	32,5	0,04	
13	27.12.00	42,9	41,7	1,44	
14	28.12.00	20,5	22,1	2,56	
15	29.12.00	25,6	23,7	3,61	
16	30.12.00	33,2	32,2	1	
17	31.12.00	25,6	31,8	38,44	
18	01.01.01	16	16,4	0,16	
19	02.01.01	20,3	20,9	0,36	
20	03.01.01	11,2	9,6	2,56	
21	04.01.01	5,8	5,6	0,04	
22	05.01.01	7	4,1	8,41	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 2 von 12**

Hersteller	OPSIS AB		
		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Parkplatzgelände Köln
Gerätetyp	SM 200		Wesseling
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 285 - SN 288)²	Standort
		SN 285	SN 288	[µg/m³]²	
23	06.01.01	11,7	13,4	2,89	Parkplatzgelände Köln
24	07.01.01	15,8	16,3	0,25	
25	08.01.01	22,8	23,7	0,81	
26	09.01.01	23	27,6	21,16	
27	10.01.01	17,9	17,9	0	
28	11.01.01	27,9	27,9	0	
29	12.01.01	25,6	27	1,96	
30	13.01.01	34,6	36,5	3,61	
31	14.01.01	44,3	45,4	1,21	
32	15.01.01	36,5	30	42,25	
33	16.01.01	53,6	55,6	4	
34	17.01.01	76,4	82,9	42,25	
35	18.01.01	56,9	55,7	1,44	
36	22.01.01	14,9	17,4	6,25	
37	23.01.01	0,3	3,2	8,41	
38	27.01.01	10,7	10,3	0,16	
39	28.01.01	36,3	30,6	32,49	
40	20.04.02	50,3	48,7	2,56	Wesseling
41	21.04.02	49,9	47,8	4,41	
42	22.04.02	47,3	49,1	3,24	
43	23.04.02	51,4	51,7	0,09	
44	24.04.02	71,6	71,8	0,04	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 3 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Wesseling
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	SN 288	(SN 285 - SN 288)² [µg/m³]²	Standort
45	25.04.02	78,1	77,5	0,36	Wesseling
46	26.04.02	36,1	36,8	0,49	
47	27.04.02	14,1	14,3	0,04	
48	28.04.02	13,3	13,8	0,25	
49	29.04.02	16,9	16,5	0,16	
50	30.04.02	26,7	26,5	0,04	
51	01.05.02	14,7	14,9	0,04	
52	02.05.02	16,8	14,8	4	
53	03.05.02	34,9	32,8	4,41	
54	04.05.02	19,6	21,4	3,24	
55	05.05.02	8,5	8,8	0,09	
56	06.05.02	23,1	23,1	0	
57	07.05.02	25,6	22	12,96	
58	08.05.02	45,9	45,2	0,49	
59	09.05.02	50,6	52,7	4,41	
60	10.05.02	42,8	41,1	2,89	
61	11.05.02	66	64,8	1,44	
62	12.05.02	71,1	68,5	6,76	
63	13.05.02	33,3	33,5	0,04	
64	14.05.02	17,5	16,9	0,36	
65	15.05.02	27,4	26,4	1	
66	16.05.02	31,4	32,8	1,96	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 4 von 12**

Hersteller: OPSIS AB

Messobjekt: Schwebstaub PM 10, Außenluft
Standorte: Wesseling

Messbereich: 0 bis 1000 µg/m³
Gerätetyp: SM 200
Serien-Nr.: SN 285 & SN 288

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	SN 288	(SN 285 - SN 288)² [µg/m³]²	Standort
67	17.05.02	48	50,2	4,84	Wesseling
68	18.05.02	27,5	28,4	0,81	
69	19.05.02	17,9	17,3	0,36	
70	22.05.02	21,8	24,3	6,25	
71	23.05.02	22,5	19,3	10,24	
72	24.05.02	24,8	24,6	0,04	
73	25.05.02	14,9	17,6	7,29	
74	26.05.02	13,2	14,6	1,96	
75	27.05.02	13,6	14,7	1,21	
76	28.05.02	22	24,5	6,25	
77	29.05.02	21,9	19,3	6,76	
78	30.05.02	19,3	18,6	0,49	
79	31.05.02	24,7	27	5,29	
80	01.06.02	27,5	27,4	0,01	
81	02.06.02	10,6	11,7	1,21	
82	03.06.02	21,1	23,2	4,41	
83	04.06.02	30,7	34,4	13,69	
84	05.06.02	22,6	23,6	1	
85	06.06.02	19,6	21,7	4,41	
86	07.06.02	36,5	43,7	51,84	
87	08.06.02	18,6	21,2	6,76	
88	09.06.02	19,3	19,7	0,16	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 5 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Wesseling
Gerätetyp	SM 200		Mechernich
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 285 - SN 288)²	Standort
		SN 285	SN 288	[µg/m³]²	
89	11.06.02	16,6	15	2,56	Wesseling
90	12.06.02	13,7	13,6	0,01	
91	13.06.02	14	13,8	0,04	
92	14.06.02	23,2	21,2	4	
93	15.06.02	32,7	28,6	16,81	
94	16.06.02	26,3	22,8	12,25	
95	17.06.02	38,7	41,5	7,84	
96	18.06.02	50,9	55,4	20,25	
97	19.06.02	32,1	30,2	3,61	
98	20.06.02	38,2	38,9	0,49	
99	21.06.02	37,2	37,5	0,09	
100	22.06.02	29,4	31,4	4	
101	23.06.02	16,4	16	0,16	
102	02.07.02	7	8,7	2,89	Mechernich
103	03.07.02	8	10	4	
104	04.07.02	18,2	21,6	11,56	
105	05.07.02	17,2	16,2	1	
106	06.07.02	13,1	8,9	17,64	
107	07.07.02	20,8	19,6	1,44	
108	08.07.02	14,2	15,5	1,69	
109	09.07.02	21,2	19,1	4,41	
110	11.07.02	16,7	13,2	12,25	

Anlage 9 | **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** | **Blatt 6 von 12**

Hersteller: OPSIS AB

Messbereich: 0 bis 1000 µg/m³
Gerätetyp: SM 200
Serien-Nr.: SN 285 & SN 288

Messobjekt: Schwebstaub PM 10, Außenluft
Standorte: Mechernich

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	SN 288	(SN 285 - SN 288)² [µg/m³]²	Standort
111	12.07.02	15,8	16,8	1	Mechernich
112	14.07.02	37,9	35,8	4,41	
113	15.07.02	32,3	31,1	1,44	
114	16.07.02	32	33,4	1,96	
115	17.07.02	31,3	29,7	2,56	
116	18.07.02	19,3	18,2	1,21	
117	23.07.02	12,9	12	0,81	
118	24.07.02	12,1	12,4	0,09	
119	25.07.02	28,2	28,7	0,25	
120	26.07.02	24,9	29,9	25	
121	27.07.02	19,4	19,8	0,16	
122	28.07.02	16,9	17,9	1	
123	29.07.02	24	24	0	
124	30.07.02	27,7	29,3	2,56	
125	31.07.02	21,9	23,4	2,25	
126	01.08.02	20,4	20,2	0,04	
127	02.08.02	15	15,9	0,81	
128	03.08.02	12,5	12,2	0,09	
129	04.08.02	8,8	9,6	0,64	
130	05.08.02	11,2	11,7	0,25	
131	06.08.02	27,8	26	3,24	
132	07.08.02	27,8	27,3	0,25	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 7 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Mechernich
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 285 - SN 288)²	Standort
		SN 285	SN 288	[µg/m³]²	
133	08.08.02	27,8	24,9	8,41	Mechernich
134	09.08.02	16,3	15,5	0,64	
135	10.08.02	21,2	21	0,04	
136	11.08.02	35,8	36,6	0,64	
137	12.08.02	23,4	23,4	0	
138	13.08.02	33,2	31	4,84	
139	14.08.02	35,9	34,6	1,69	
140	15.08.02	22,4	22,3	0,01	
141	16.08.02	22,5	22	0,25	
142	17.08.02	22,5	24,1	2,56	
143	18.08.02	26,6	28,7	4,41	
144	21.08.02	10,5	10,9	0,16	
145	22.08.02	17,1	17	0,01	
146	23.08.02	38,5	37,3	1,44	
147	24.08.02	37,2	36	1,44	
148	25.08.02	29,4	29,7	0,09	
149	27.08.02	65,8	63,5	5,29	
150	28.08.02	75,9	75,3	0,36	
151	29.08.02	79,9	77,6	5,29	
152	03.09.02	15,3	14,8	0,25	
153	04.09.02	17,3	18,6	1,69	
154	05.09.02	28	27,8	0,04	

Anlage 9 | **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** | **Blatt 8 von 12**

Hersteller	OPSIS AB		
		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Mechernich
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	SN 288	(SN 285 - SN 288)² [µg/m³]²	Standort
155	06.09.02	27,8	26,4	1,96	Mechernich
156	07.09.02	21,7	22,8	1,21	
157	08.09.02	20,7	20	0,49	
158	09.09.02	16,1	16,3	0,04	
159	10.09.02	13,4	12,2	1,44	
160	11.09.02	21,3	22,6	1,69	
161	12.09.02	30,1	30,7	0,36	
162	13.09.02	22,1	21,1	1	
163	14.09.02	33,4	35,6	4,84	
164	15.09.02	17,6	18,7	1,21	
165	16.09.02	20,7	19	2,89	
166	17.09.02	27,8	26,4	1,96	
167	18.09.02	38,5	38,7	0,04	
168	19.09.02	17,7	20,5	7,84	
169	20.09.02	19,7	23,5	14,44	
170	21.09.02	20,8	23,8	9	
171	22.09.02	9,1	11,5	5,76	
172	23.09.02	11,4	11,5	0,01	
173	24.09.02	10,7	9,8	0,81	
174	25.09.02	14,9	12,5	5,76	
175	30.09.02	6,8	7,1	0,09	
176	01.10.02	11	10,6	0,16	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 9 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Mechernich
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 285 - SN 288)²	Standort
		SN 285	SN 288	[µg/m³]²	
177	02.10.02	20,5	17,6	8,41	Mechernich
178	03.10.02	22	27,2	27,04	
179	04.10.02	17	14,9	4,41	
180	05.10.02	12,6	8,2	19,36	
181	06.10.02	5,5	5,8	0,09	
182	07.10.02	15,1	10,6	20,25	
183	08.10.02	14	15,4	1,96	
184	09.10.02	7,5	7,1	0,16	
185	10.10.02	15,4	18,4	9	
186	11.10.02	28	31,1	9,61	
187	12.10.02	24	22,7	1,69	
188	13.10.02	14,5	12,6	3,61	
189	14.10.02	10,7	9,1	2,56	
190	15.10.02	12,1	13,4	1,69	
191	16.10.02	5,4	6,1	0,49	
192	17.10.02	6,4	5,6	0,64	
193	18.10.02	11,1	11,5	0,16	
194	19.10.02	11,4	9,6	3,24	
195	20.10.02	10,8	7,7	9,61	
196	21.10.02	4,1	4,3	0,04	
197	22.10.02	2,4	1,4	1	
198	23.10.02	7,6	6	2,56	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 10 von 12**

Hersteller	OPSIS AB		
		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Mechernich
Gerätetyp	SM 200		Brühl
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 285 - SN 288)²	Standort
		SN 285	SN 288	[µg/m³]²	
199	24.10.02	7	8,4	1,96	Mechernich
200	25.10.02	0,9	0,1	0,64	
201	26.10.02	10,7	11,5	0,64	
202	27.10.02	11	12,1	1,21	
203	29.10.02	6,4	8,5	4,41	
204	30.10.02	10,1	9,4	0,49	
205	31.10.02	17,8	19,1	1,69	
206	01.11.02	17,8	15,6	4,84	
207	02.11.02	7,2	5	4,84	
208	03.11.02	3,5	4,4	0,81	
209	04.11.02	14,5	13,4	1,21	
210	05.11.02	30,4	29	1,96	
211	06.11.02	16	12,6	11,56	
212	07.11.02	2,4	3	0,36	
213	08.11.02	5,2	4,4	0,64	
214	09.11.02	5,1	5,8	0,49	
215	10.11.02	22	22,2	0,04	
216	20.11.02	27,5	31,2	13,69	Brühl
217	21.11.02	15	15,1	0,01	
218	22.11.02	14,5	14,6	0,01	
219	23.11.02	13,9	13,8	0,01	
220	24.11.02	13,5	11,6	3,61	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 11 von 12**

Hersteller OPSIS AB

Messbereich 0 bis 1000 µg/m³
Gerätetyp SM 200
Serien-Nr. SN 285 & SN 288

Messobjekt Schwebstaub PM 10, Außenluft
Standorte Brühl

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 285 - SN 288)²	Standort
		SN 285	SN 288	[µg/m³]²	
221	25.11.02	20,7	17,8	8,41	Brühl
222	26.11.02	35,5	30,9	21,16	
223	27.11.02	16,9	16,5	0,16	
224	28.11.02	21,1	19,9	1,44	
225	29.11.02	18,9	19,3	0,16	
226	30.11.02	38,6	37,4	1,44	
227	01.12.02	17,6	14,8	7,84	
228	02.12.02	5,5	4	2,25	
229	03.12.02	23,1	21,6	2,25	
230	04.12.02	22	23,4	1,96	
231	05.12.02	28,6	28,6	0	
232	06.12.02	20,4	21	0,36	
233	07.12.02	21,7	23,9	4,84	
234	08.12.02	33,5	32	2,25	
235	09.12.02	24,1	24,1	0	
236	10.12.02	29,5	27,4	4,41	
237	13.12.02	54,1	51,3	7,84	
238	14.12.02	54,2	48,4	33,64	
239	15.12.02	20,1	23,4	10,89	
240	16.12.02	13	10,5	6,25	
241	17.12.02	41,5	41,1	0,16	
242	18.12.02	32,5	29,7	7,84	

Anlage 9 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 12 von 12**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Brühl
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 285 & SN 288		

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 285	SN 288	(SN 285 - SN 288)² [µg/m³]²	Standort
243	19.12.02	19,7	21,2	2,25	Brühl
244	20.12.02	24,4	23,3	1,21	
245	21.12.02	19,5	19	0,25	
246	22.12.02	7,2	6,6	0,36	
247	23.12.02	7,5	8	0,25	
248	24.12.02	10,9	9,6	1,69	
249	25.12.02	12,2	11,4	0,64	
250	26.12.02	6,3	6	0,09	
251	27.12.02	4,2	5,8	2,56	
252	28.12.02	9,7	10	0,09	
253	29.12.02	6,2	5,6	0,36	
254	30.12.02	2,7	3,2	0,25	
255	31.12.02	10,9	8,9	4	
256	01.01.03	10,3	11,8	2,25	
257	02.01.03	0	0,1	0,01	
258	03.01.03	7,5	7,5	0	
259	04.01.03	20,9	17,9	9	
260	05.01.03	21,5	19,7	3,24	

Anlage 10: Startbildschirm **Blatt 1 von 1**

MN009n		10:31:20	27/03/00	
	UsePrg	ModPrg	Buffer	Tools
[F1]	[F2]	[F3]	[F4]	[F5]

Anlage 11 **Kalibrier- und Analysenfunktion** **Blatt 1 von 1**

Hersteller	OPSIS AB			
			Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200			
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112	(Neu)		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 1110	SN 1112	Messwerte Ref.verfahren [µg/m³]	Kalibrier- & Analysenfunktion	
1	18.12.2004	6,5	7,1	6,9		
2	20.12.2004	7,1	6,7	5,6		
3	22.12.2004	19,6	19,3	17,2	**Kalibrierfunktion y = m*x+b**	
4	24.12.2004	7,9	8,1	5,7		
5	26.12.2004	10,4	11,9	10,4	SN 1110	y=0,9911*x+0,6756
6	28.12.2004	14,7	15,5	15,7		
7	30.12.2004	19,4	18,9	17,1		R^2 = 0,9261
8	02.01.2005	6,9	10,1	7,3		
9	04.01.2005	17,0	18,0	16,0		
10	06.01.2005	21,2	22,4	19,7	SN 1112	y=0,9545*x+1,7957
11	09.01.2005	19,2	19,3	19,1		
12	11.01.2005	27,2	27	26,2		R^2 = 0,9640
13	13.01.2005	18,9	18,6	18,8		
14	15.01.2005	12,8	16,1	16,9	**Analysenfunktion x = 1/m*y-b/m**	
15	20.01.2005	15,6	14,3	13,6		
					SN 1110	x=1,0090*y-0,6817
					SN 1112	x=1,0477*y+1,8813

Anlage 12 **Messwerte aus dem Feldteststandort Furulund** **Blatt 1 von 5**

Hersteller	OPSIS AB				
				Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³		Standort	Furulund
Gerätetyp	SM 200				
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112	(Neu)	SN 276	(Alt)	
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³				

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 1110 [µg/m³]	OPSIS SN 1112 [µg/m³]	OPSIS SN 276 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
1	18.12.2004	6,9	6,5	7,1	8,6		Furulund
2	19.12.2004		4,6	5,6	7,8		
3	20.12.2004	5,6	7,1	6,7	10,1		
4	21.12.2004		18,1	18,0	18,7		
5	22.12.2004	17,2	19,6	19,3	16,8		
6	23.12.2004		15,8	13,8	11,3		
7	24.12.2004	5,7	7,9	8,1	5,9		
8	25.12.2004		8,5	8,8	10,3		
9	26.12.2004	10,4	10,4	11,9	15,7		
10	27.12.2004		4,5	7,3	7,4		
11	28.12.2004	15,7	14,7	15,5	13,6		
12	29.12.2004		18,5	19,1	22,2		
13	30.12.2004	17,1	19,4	18,9	18,0		
14	31.12.2004		12,3	12,9	14,3		
15	01.01.2005		30,2	30,0	27,4		
16	02.01.2005	7,3	6,9	10,1	7,2		
17	03.01.2005		18,0	17,4	17,1		
18	04.01.2005	16,0	17,0	18,0	16,1		
19	05.01.2005		21,9	22,9	22,0		
20	06.01.2005	19,7	21,2	22,4	22,1		
21	07.01.2005		19,1	20,3	19,9		
22	08.01.2005		15,3	16,2	16,0		

Anlage 12 **Messwerte aus dem Feldteststandort Furulund** **Blatt 2 von 5**

Hersteller	OPSIS AB				
				Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³		Standort	Furulund
Gerätetyp	SM 200				
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112	(Neu)	SN 276	(Alt)	
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³				

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 1110 [µg/m³]	OPSIS SN 1112 [µg/m³]	OPSIS SN 276 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
23	09.01.2005	19,1	19,2	19,3	20,3		Furulund
24	10.01.2005		22,7	21,1	21,1		
25	11.01.2005	26,2	27,2	27,0	24,8		
26	12.01.2005		25,0	24,5	21,2		
27	13.01.2005	18,8	18,9	18,6	17,0		
28	14.01.2005		15,4	17,4	17,5		
29	15.01.2005	16,9	12,8	16,1	17,0		
30	16.01.2005		10,3	14,2	16,6		
31	20.01.2005	13,6	15,6	14,3		Fehler in Parametrierung SN 276	
32	21.01.2005		7,5	7,9		Fehler in Parametrierung SN 276	
33	22.01.2005	7,5	4,6	5,6		Fehler in Parametrierung SN 276	
34	23.01.2005		5,9	6,8		Fehler in Parametrierung SN 276	
35	24.01.2005	2,3	3,1	4,8		Fehler in Parametrierung SN 276	
36	25.01.2005		4,7	6,4		Fehler in Parametrierung SN 276	
37	26.01.2005		17,0	17,3		Fehler in Parametrierung SN 276	
38	27.01.2005	22,1	23,5	23,1		Fehler in Parametrierung SN 276	
39	28.01.2005		16,8	16,6		Fehler in Parametrierung SN 276	
40	29.01.2005		19,2	20,3		Fehler in Parametrierung SN 276	
41	30.01.2005		31,1	31,7		Fehler in Parametrierung SN 276	
42	31.01.2005		13,0	13,1		Fehler in Parametrierung SN 276	
43	01.02.2005		10,0	8,9	12,5		
44	02.02.2005		16,4	16,1	18,4		



Anlage 12 **Messwerte aus dem Feldteststandort Furulund** **Blatt 3 von 5**

Hersteller	OPSIS AB			Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³		Standort	Furulund
Gerätetyp	SM 200				
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112	(Neu)	SN 276	(Alt)	
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³				

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 1110 [µg/m³]	OPSIS SN 1112 [µg/m³]	OPSIS SN 276 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
45	03.02.2005	13,1	9,4	10,7	11,9		Furulund
46	04.02.2005		22,7	23,0	23,5		
47	05.02.2005		33,0	34,3	34,1		
48	06.02.2005		43,8	45,7	46,1		
49	07.02.2005	49,3	50,1	47,3		Fehler nach Stromausfall SN 276	
50	08.02.2005		58,0	57,1		Fehler nach Stromausfall SN 276	
51	09.02.2005	57,5	61,8	63,0		Fehler nach Stromausfall SN 276	
52	10.02.2005		39,4	38,1		Fehler nach Stromausfall SN 276	
53	11.02.2005		13,4	12,7		Fehler nach Stromausfall SN 276	
54	12.02.2005	11,9	16,7	16,5		Fehler nach Stromausfall SN 276	
55	13.02.2005		1,5	2,8		Fehler nach Stromausfall SN 276	
56	14.02.2005	7,6	1,5	7,9		Fehler nach Stromausfall SN 276	
57	19.02.2005	21,4	24,8	24,0	23,6		
58	20.02.2005		24,4	24,6	26,4		
59	21.02.2005	17,8	15,9	16,7	18,4		
60	22.02.2005		12,3	12,1	13,1		
61	23.02.2005	16,1	17,8	17,7	17,7		
62	24.02.2005		12,4	13,6	14,4		
63	25.02.2005	20,1	23,1	21,7	22,4		
64	26.02.2005		11,5	11,7	11,3		
65	27.02.2005	2,5	2,8	4,0	4,6		
66	28.02.2005		17,8	17,5	13,6		

Anlage 12 **Messwerte aus dem Feldteststandort Furulund** **Blatt 4 von 5**

Hersteller	OPSIS AB			
			Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	Standort	Furulund
Gerätetyp	SM 200			
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112	(Neu)	SN 276	(Alt)
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³			

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 1110 [µg/m³]	OPSIS SN 1112 [µg/m³]	OPSIS SN 276 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
67	01.03.2005	9,9	10,6	13,3	8,1		Furulund
68	02.03.2005		11,0	12,9	15,1		
69	03.03.2005	13,2	12,6	14,6	15,9		
70	04.03.2005		22,3	20,8	22,6		
71	05.03.2005	12,3	13,4	13,1	14,4		
72	06.03.2005		22,4	21,2	20,2		
73	07.03.2005	15,7	15,2	14,5	13,8		
74	08.03.2005		9,4	9,4	9,1		
75	09.03.2005	9,2	5,5	8,0		Fatal Error 2 für SN 276	
76	10.03.2005		16,4	17,4		Fatal Error 2 für SN 276	
77	11.03.2005	11,3	13,6	13,4	9,6		
78	12.03.2005		9,2	7,5	9,3		
79	13.03.2005	9,7	9,2	9,3	11,1		
80	14.03.2005		13,3	13,1	15,8		
81	15.03.2005		17,1	16,3	20,2		
82	16.03.2005		40,5	42,0	42,5		
83	17.03.2005	24,7	26,2	26,1	29,4		
84	18.03.2005		6,3	7,8		Fatal Error 2 für SN 276	
85	19.03.2005		0,0	7,1		Fatal Error 2 für SN 276	
86	25.03.2005	20,8	23,8	21,3	22,0		
87	26.03.2005		7,4	7,7	6,6		
88	27.03.2005		6,9	8,1	8,0		

Anlage 12 **Messwerte aus dem Feldteststandort Furulund** **Blatt 5 von 5**

Hersteller	OPSIS AB				
				Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³		Standort	Furulund
Gerätetyp	SM 200				
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112	(Neu)	SN 276	(Alt)	
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³				

Nr.	Datum	Referenz PM 10 [µg/m³]	OPSIS SN 1110 [µg/m³]	OPSIS SN 1112 [µg/m³]	OPSIS SN 276 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
89	28.03.2005	9,3	9,3	10	11,0		Furulund
90	29.03.2005		9,9	9,8	11,7		
91	30.03.2005	11,3	10,4	14,1	13,1		
92	31.03.2005		22,9	22,6	24,7		
93	01.04.2005	33,6	37,2	36,9	36,0		
94	02.04.2005		42,8	41,8	40,8		
95	03.04.2005	49,2	55,1	56,1	53,2		
96	04.04.2005		49,6	49	46,5		
97	05.04.2005	18,5	17,9	16,7	20,3		
98	06.04.2005		33,6	36	34,6		
99	07.04.2005	25,4	25,6	26,2	23,6		
100	08.04.2005		17,5	18,3	20,7		
101	09.04.2005		12,2	10,6	12,2		
102	10.04.2005		14,3	14,3	15,7		
103	11.04.2005		19,4	20,7	20,9		
104	12.04.2005		22,6	23,9	22,1		

Anlage 13 **Umgebungsbedingungen am Feldteststandort Furulund** **Blatt 1 von 4**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
1	18.12.2004	Furulund	3,1	987	79,9	3,6	122	4,8
2	19.12.2004		-0,2	996	70,2	1,2	180	0,0
3	20.12.2004		0,8	1008	76,8	1,2	134	3,3
4	21.12.2004		1,1	1016	75,8	2,1	107	0,4
5	22.12.2004		2,6	1002	79,1	7,9	104	2,2
6	23.12.2004		6,4	986	77,2	5,6	117	2,2
7	24.12.2004		1,4	986	85,7	0,6	216	15,2
8	25.12.2004		3,7	984	81,0	4,8	105	22,2
9	26.12.2004		1,0	1003	86,3	0,8	164	0,0
10	27.12.2004		-2,2	1011	90,4	0,2	278	0,0
11	28.12.2004		-0,2	1002	78,2	1,6	56	0,0
12	29.12.2004		0,9	1012	85,9	0,4	78	0,0
13	30.12.2004		4,5	1014	85,5	6,7	104	1,9
14	31.12.2004		4,5	1012	91,6	0,4	132	1,1
15	01.01.2005		3,2	1011	88,5	2,2	107	0,0
16	02.01.2005		4,0	995	73,2	6,8	112	5,9
17	03.01.2005		4,2	1005	67,6	5,8	138	2,6
18	04.01.2005		7,3	1004	80,9	5,3	128	11,5
19	05.01.2005		5,4	1009	73,1	4,7	121	0,0
20	06.01.2005		5,6	1009	72,3	5,5	121	1,1
21	07.01.2005		8,0	1005	82,3	7,0	107	3,3
22	08.01.2005		8,1	994	67,6	10,6	97	3,0
23	09.01.2005		6,3	1003	65,0	7,2	64	0,0
24	10.01.2005		8,6	1005	75,1	6,8	161	0,0
25	11.01.2005		7,1	1012	77,6	4,1	187	0,0
26	12.01.2005		6,8	1007	73,0	6,5	195	0,4
27	13.01.2005		5,2	1006	66,0	6,0	65	0,0
28	14.01.2005		4,2	1017	77,6	1,5	67	0,0
29	15.01.2005		-0,6	1026	81,1	0,1	201	0,0
30	16.01.2005		2,5	1020	74,9	2,7	293	0,0



Anlage 13 **Umgebungsbedingungen am Feldteststandort Furulund** **Blatt 2 von 4**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
31	20.01.2005	Furulund	4,0	977	74,2	5,9	105	6,7
32	21.01.2005		1,9	981	68,6	2,4	66	0,0
33	22.01.2005		-0,8	999	74,6	0,3	91	0,0
34	23.01.2005		-1,0	1003	72,5	1,4	99	0,4
35	24.01.2005		-3,5	1013	66,3	0,5	155	0,0
36	25.01.2005		-4,4	1022	66,5	1,0	161	0,0
37	26.01.2005		-5,1	1025	70,3	0,1	125	0,0
38	27.01.2005		-2,7	1014	78,2	0,0	97	0,0
39	28.01.2005		-3,5	1012	72,5	0,2	173	0,0
40	29.01.2005		-4,5	1017	68,3	0,3	232	0,0
41	30.01.2005		2,7	1012	85,0	2,9	120	0,4
42	31.01.2005		4,5	1003	64,4	3,3	67	0,0
43	01.02.2005		2,2	1010	61,4	1,2	98	0,0
44	02.02.2005		0,7	1014	85,3	0,2	72	0,0
45	03.02.2005		0,6	1024	81,3	0,0	253	0,4
46	04.02.2005		2,7	1026	85,8	0,5	313	0,0
47	05.02.2005		2,4	1026	81,2	1,1	304	0,0
48	06.02.2005		-1,8	1030	74,3	1,9	266	0,0
49	07.02.2005		-1,8	1031	70,5	1,1	240	0,0
50	08.02.2005		-2,4	1028	65,1	0,9	268	0,0
51	09.02.2005		-0,8	1024	69,6	0,8	294	0,0
52	10.02.2005		3,2	1008	82,9	4,5	212	8,1
53	11.02.2005		2,4	1008	71,4	2,2	88	0,0
54	12.02.2005		0,7	988	84,8	1,5	269	11,5
55	13.02.2005		0,5	970	84,2	0,8	126	7,8
56	14.02.2005		0,1	989	72,4	1,6	136	0,0
57	19.02.2005		1,1	999	84,3	1,7	237	2,6
58	20.02.2005		2,0	1004	76,2	0,2	228	0,0
59	21.02.2005		0,8	1014	70,0	1,9	202	0,0
60	22.02.2005		-1,2	1016	64,1	3,6	182	0,0

Anlage 13 **Umgebungsbedingungen am Feldteststandort Furulund** **Blatt 3 von 4**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
61	23.02.2005	Furulund	-0,3	1014	65,9	7,3	194	0,0
62	24.02.2005		1,1	1015	76,4	4,8	196	0,4
63	25.02.2005		-0,1	1015	70,7	1,2	133	0,0
64	26.02.2005		-2,0	1014	55,7	1,9	158	0,4
65	27.02.2005		-5,4	1018	44,9	1,4	159	0,0
66	28.02.2005		-3,3	1011	61,3	1,4	99	0,0
67	01.03.2005		-1,3	998	74,2	4,6	207	0,0
68	02.03.2005		-3,4	1000	68,0	5,3	205	0,0
69	03.03.2005		-6,7	1010	52,2	1,4	125	0,7
70	04.03.2005		-7,8	1010	56,1	0,4	163	0,0
71	05.03.2005		-5,2	1010	52,6	1,6	188	0,0
72	06.03.2005		-4,3	1013	57,5	0,5	124	0,4
73	07.03.2005		0,5	1008	70,5	0,5	85	2,2
74	08.03.2005		2,1	1009	60,6	0,5	129	0,0
75	09.03.2005		-0,9	1020	51,5	0,7	163	0,0
76	10.03.2005		-0,7	1018	63,4	2,7	41	0,0
77	11.03.2005		2,0	987	75,6	5,1	65	5,9
78	12.03.2005		0,0	984	70,7	1,7	168	0,4
79	13.03.2005		-3,0	999	63,6	0,8	176	0,0
80	14.03.2005		2,2	1002	65,9	4,0	49	1,5
81	15.03.2005		2,2	1010	69,8	2,2	148	4,8
82	16.03.2005		5,9	1007	83,9	4,5	136	5,2
83	17.03.2005		8,3	1003	80,0	4,6	80	0,7
84	18.03.2005		4,0	1011	79,2	1,1	134	4,4
85	19.03.2005		-0,8	1026	45,9	1,6	164	0,0
86	25.03.2005		8,4	1014	71,4	0,5	255	0,4
87	26.03.2005		6,0	1011	68,5	4,7	218	0,0
88	27.03.2005		4,7	1013	60,9	5,7	218	0,0
89	28.03.2005		4,6	1016	55,5	2,2	229	0,0
90	29.03.2005		2,6	1020	52,9	4,4	226	0,0

Anlage 13 **Umgebungsbedingungen am Feldteststandort Furulund** **Blatt 4 von 4**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
91	30.03.2005	Furulund	2,3	1025	59,0	3,8	222	0,0
92	31.03.2005		3,8	1029	59,4	0,8	181	0,0
93	01.04.2005		4,2	1029	58,7	0,8	82	0,0
94	02.04.2005		6,1	1027	51,6	0,9	190	0,0
95	03.04.2005		8,8	1023	45,8	1,1	282	0,0
96	04.04.2005		11,4	1018	44,8	0,9	292	0,0
97	05.04.2005		8,9	1013	58,7	3,2	107	1,5
98	06.04.2005		8,5	1012	60,6	3,2	192	0,0
99	07.04.2005		8,6	995	67,8	3,9	262	3,7
100	08.04.2005		7,0	994	70,7	2,9	216	0,4
101	09.04.2005		5,7	1005	57,2	1,8	83	0,0
102	10.04.2005		4,3	1014	68,6	2,7	198	0,0
103	11.04.2005		10,1	1017	70,2	3,3	76	0,0
104	12.04.2005		10,0	1015	64,6	3,6	71	0,0

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 1 von 13**

Hersteller	OPSIS AB		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200			
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112	(Neu)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³			

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1110 - SN 1112)²	Standort
		SN 1110	SN 1112	[µg/m³]²	
1	18.12.2004	6,5	7,1	0,36	Furulund
2	19.12.2004	4,6	5,6	1,00	
3	20.12.2004	7,1	6,7	0,16	
4	21.12.2004	18,1	18	0,01	
5	22.12.2004	19,6	19,3	0,09	
6	23.12.2004	15,8	13,8	4,00	
7	24.12.2004	7,9	8,1	0,04	
8	25.12.2004	8,5	8,8	0,09	
9	26.12.2004	10,4	11,9	2,25	
10	27.12.2004	4,5	7,3	7,84	
11	28.12.2004	14,7	15,5	0,64	
12	29.12.2004	18,5	19,1	0,36	
13	30.12.2004	19,4	18,9	0,25	
14	31.12.2004	12,3	12,9	0,36	
15	01.01.2005	30,2	30	0,04	
16	02.01.2005	6,9	10,1	10,24	
17	03.01.2005	18	17,4	0,36	
18	04.01.2005	17	18	1,00	
19	05.01.2005	21,9	22,9	1,00	
20	06.01.2005	21,2	22,4	1,44	
21	07.01.2005	19,1	20,3	1,44	
22	08.01.2005	15,3	16,2	0,81	



Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 2 von 13**

Hersteller	OPSIS AB		Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000	µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200			
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112	(Neu)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³			

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1110 - SN 1112)²	Standort
		SN 1110	SN 1112	[µg/m³]²	
23	09.01.2005	19,2	19,3	0,01	Furulund
24	10.01.2005	22,7	21,1	2,56	
25	11.01.2005	27,2	27	0,04	
26	12.01.2005	25	24,5	0,25	
27	13.01.2005	18,9	18,6	0,09	
28	14.01.2005	15,4	17,4	4,00	
29	15.01.2005	12,8	16,1	10,89	
30	16.01.2005	10,3	14,2	15,21	
31	20.01.2005	15,6	14,3	1,69	
32	21.01.2005	7,5	7,9	0,16	
33	22.01.2005	4,6	5,6	1,00	
34	23.01.2005	5,9	6,8	0,81	
35	24.01.2005	3,1	4,8	2,89	
36	25.01.2005	4,7	6,4	2,89	
37	26.01.2005	17	17,3	0,09	
38	27.01.2005	23,5	23,1	0,16	
39	28.01.2005	16,8	16,6	0,04	
40	29.01.2005	19,2	20,3	1,21	
41	30.01.2005	31,1	31,7	0,36	
42	31.01.2005	13	13,1	0,01	
43	01.02.2005	10	8,9	1,21	
44	02.02.2005	16,4	16,1	0,09	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 3 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112 (Neu)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 1110	SN 1112	(SN 1110 - SN 1112)² [µg/m³]²	Standort
45	03.02.2005	9,4	10,7	1,69	Furulund
46	04.02.2005	22,7	23	0,09	
47	05.02.2005	33	34,3	1,69	
48	06.02.2005	43,8	45,7	3,61	
49	07.02.2005	50,1	47,3	7,84	
50	08.02.2005	58	57,1	0,81	
51	09.02.2005	61,8	63	1,44	
52	10.02.2005	39,4	38,1	1,69	
53	11.02.2005	13,4	12,7	0,49	
54	12.02.2005	16,7	16,5	0,04	
55	13.02.2005	1,5	2,8	1,69	
56	14.02.2005	1,5	7,9	40,96	
57	19.02.2005	24,8	24	0,64	
58	20.02.2005	24,4	24,6	0,04	
59	21.02.2005	15,9	16,7	0,64	
60	22.02.2005	12,3	12,1	0,04	
61	23.02.2005	17,8	17,7	0,01	
62	24.02.2005	12,4	13,6	1,44	
63	25.02.2005	23,1	21,7	1,96	
64	26.02.2005	11,5	11,7	0,04	
65	27.02.2005	2,8	4	1,44	
66	28.02.2005	17,8	17,5	0,09	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 4 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112 (Neu)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 1110	SN 1112	(SN 1110 - SN 1112)² [µg/m³]²	Standort
67	01.03.2005	10,6	13,3	7,29	Furulund
68	02.03.2005	11	12,9	3,61	
69	03.03.2005	12,6	14,6	4,00	
70	04.03.2005	22,3	20,8	2,25	
71	05.03.2005	13,4	13,1	0,09	
72	06.03.2005	22,4	21,2	1,44	
73	07.03.2005	15,2	14,5	0,49	
74	08.03.2005	9,4	9,4	0,00	
75	09.03.2005	5,5	8	6,25	
76	10.03.2005	16,4	17,4	1,00	
77	11.03.2005	13,6	13,4	0,04	
78	12.03.2005	9,2	7,5	2,89	
79	13.03.2005	9,2	9,3	0,01	
80	14.03.2005	13,3	13,1	0,04	
81	15.03.2005	17,1	16,3	0,64	
82	16.03.2005	40,5	42	2,25	
83	17.03.2005	26,2	26,1	0,01	
84	18.03.2005	6,3	7,8	2,25	
85	19.03.2005	0	7,1	50,41	
86	25.03.2005	23,8	21,3	6,25	
87	26.03.2005	7,4	7,7	0,09	
88	27.03.2005	6,9	8,1	1,44	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 5 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1110 & SN 1112 (Neu)		

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 1110	SN 1112	(SN 1110 - SN 1112)² [µg/m³]²	Standort
89	28.03.2005	9,3	10	0,49	Furulund
90	29.03.2005	9,9	9,8	0,01	
91	30.03.2005	10,4	14,1	13,69	
92	31.03.2005	22,9	22,6	0,09	
93	01.04.2005	37,2	36,9	0,09	
94	02.04.2005	42,8	41,8	1,00	
95	03.04.2005	55,1	56,1	1,00	
96	04.04.2005	49,6	49	0,36	
97	05.04.2005	17,9	16,7	1,44	
98	06.04.2005	33,6	36	5,76	
99	07.04.2005	25,6	26,2	0,36	
100	08.04.2005	17,5	18,3	0,64	
101	09.04.2005	12,2	10,6	2,56	
102	10.04.2005	14,3	14,3	0,00	
103	11.04.2005	19,4	20,7	1,69	
104	12.04.2005	22,6	23,9	1,69	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 6 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1110 (Neu) & SN 276 (Alt)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1110 - SN 276)²	Standort
		SN 1110	SN 276	[µg/m³]²	
1	18.12.2004	6,5	8,6	4,36	Furulund
2	19.12.2004	4,6	7,8	10,16	
3	20.12.2004	7,1	10,1	9,25	
4	21.12.2004	18,1	18,7	0,41	
5	22.12.2004	19,6	16,8	7,88	
6	23.12.2004	15,8	11,3	20,46	
7	24.12.2004	7,9	5,9	4,20	
8	25.12.2004	8,5	10,3	3,13	
9	26.12.2004	10,4	15,7	28,00	
10	27.12.2004	4,5	7,4	8,51	
11	28.12.2004	14,7	13,6	1,19	
12	29.12.2004	18,5	22,2	13,82	
13	30.12.2004	19,4	18,0	2,10	
14	31.12.2004	12,3	14,3	3,98	
15	01.01.2005	30,2	27,4	7,79	
16	02.01.2005	6,9	7,2	0,09	
17	03.01.2005	18	17,1	0,84	
18	04.01.2005	17	16,1	0,83	
19	05.01.2005	21,9	22,0	0,02	
20	06.01.2005	21,2	22,1	0,78	
21	07.01.2005	19,1	19,9	0,67	
22	08.01.2005	15,3	16,0	0,50	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 7 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1110 (Neu) & SN 276 (Alt)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³] SN 1110	SN 276	(SN 1110 - SN 276)² [µg/m³]²	Standort
23	09.01.2005	19,2	20,3	1,28	Furulund
24	10.01.2005	22,7	21,1	2,52	
25	11.01.2005	27,2	24,8	5,57	
26	12.01.2005	25	21,2	14,66	
27	13.01.2005	18,9	17,0	3,46	
28	14.01.2005	15,4	17,5	4,27	
29	15.01.2005	12,8	17,0	17,26	
30	16.01.2005	10,3	16,6	40,03	
31	01.02.2005	10	12,5	6,39	
32	02.02.2005	16,4	18,4	4,03	
33	03.02.2005	9,4	11,9	6,23	
34	04.02.2005	22,7	23,5	0,57	
35	05.02.2005	33	34,1	1,12	
36	06.02.2005	43,8	46,1	5,20	
37	19.02.2005	24,8	23,6	1,49	
38	20.02.2005	24,4	26,4	3,87	
39	21.02.2005	15,9	18,4	6,25	
40	22.02.2005	12,3	13,1	0,67	
41	23.02.2005	17,8	17,7	0,02	
42	24.02.2005	12,4	14,4	4,01	
43	25.02.2005	23,1	22,4	0,54	
44	26.02.2005	11,5	11,3	0,03	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 8 von 13**

Hersteller: OPSIS AB

Messobjekt: Schwebstaub PM 10, Außenluft
Standorte: Furulund

Messbereich: 0 bis 1000 µg/m³
Gerätetyp: SM 200
Serien-Nr.: SN 1110 (Neu) & SN 276 (Alt)

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1110 - SN 276)²	Standort
		SN 1110	SN 276	[µg/m³]²	
45	27.02.2005	2,8	4,6	3,31	Furulund
46	28.02.2005	17,8	13,6	17,46	
47	01.03.2005	10,6	8,1	6,34	
48	02.03.2005	11	15,1	16,93	
49	03.03.2005	12,6	15,9	11,17	
50	04.03.2005	22,3	22,6	0,09	
51	05.03.2005	13,4	14,4	1,01	
52	06.03.2005	22,4	20,2	4,76	
53	07.03.2005	15,2	13,8	1,84	
54	08.03.2005	9,4	9,1	0,07	
55	11.03.2005	13,6	9,6	16,27	
56	12.03.2005	9,2	9,3	0,02	
57	13.03.2005	9,2	11,1	3,58	
58	14.03.2005	13,3	15,8	6,18	
59	15.03.2005	17,1	20,2	9,61	
60	16.03.2005	40,5	42,5	4,16	
61	17.03.2005	26,2	29,4	10,48	
62	25.03.2005	23,8	22,0	3,24	
63	26.03.2005	7,4	6,6	0,61	
64	27.03.2005	6,9	8,0	1,29	
65	28.03.2005	9,3	11,0	3,06	
66	29.03.2005	9,9	11,7	3,11	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 9 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1110 (Neu) & SN 276 (Alt)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1110 - SN 276)²	Standort
		SN 1110	SN 276	[µg/m³]²	
67	30.03.2005	10,4	13,1	7,27	Furulund
68	31.03.2005	22,9	24,7	3,27	
69	01.04.2005	37,2	36,0	1,33	
70	02.04.2005	42,8	40,8	4,18	
71	03.04.2005	55,1	53,2	3,72	
72	04.04.2005	49,6	46,5	9,86	
73	05.04.2005	17,9	20,3	5,76	
74	06.04.2005	33,6	34,6	0,90	
75	07.04.2005	25,6	23,6	3,84	
76	08.04.2005	17,5	20,7	10,25	
77	09.04.2005	12,2	12,2	0,00	
78	10.04.2005	14,3	15,7	2,00	
79	11.04.2005	19,4	20,9	2,18	
80	12.04.2005	22,6	22,1	0,24	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 10 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1112 (Neu) & SN 276 (Alt)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1112 - SN 276)²	Standort
		SN 1112	SN 276	[µg/m³]²	
1	18.12.2004	7,1	8,6	2,22	Furulund
2	19.12.2004	5,6	7,8	4,78	
3	20.12.2004	6,7	10,1	11,84	
4	21.12.2004	18	18,7	0,54	
5	22.12.2004	19,3	16,8	6,29	
6	23.12.2004	13,8	11,3	6,37	
7	24.12.2004	8,1	5,9	5,06	
8	25.12.2004	8,8	10,3	2,16	
9	26.12.2004	11,9	15,7	14,37	
10	27.12.2004	7,3	7,4	0,01	
11	28.12.2004	15,5	13,6	3,58	
12	29.12.2004	19,1	22,2	9,72	
13	30.12.2004	18,9	18,0	0,90	
14	31.12.2004	12,9	14,3	1,95	
15	01.01.2005	30	27,4	6,72	
16	02.01.2005	10,1	7,2	8,44	
17	03.01.2005	17,4	17,1	0,10	
18	04.01.2005	18	16,1	3,64	
19	05.01.2005	22,9	22,0	0,76	
20	06.01.2005	22,4	22,1	0,10	
21	07.01.2005	20,3	19,9	0,15	
22	08.01.2005	16,2	16,0	0,04	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 11 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1112 (Neu) & SN 276 (Alt)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1112 - SN 276)²	Standort
		SN 1112	SN 276	[µg/m³]²	
23	09.01.2005	19,3	20,3	1,06	Furulund
24	10.01.2005	21,1	21,1	0,00	
25	11.01.2005	27	24,8	4,66	
26	12.01.2005	24,5	21,2	11,08	
27	13.01.2005	18,6	17,0	2,44	
28	14.01.2005	17,4	17,5	0,00	
29	15.01.2005	16,1	17,0	0,73	
30	16.01.2005	14,2	16,6	5,89	
31	01.02.2005	8,9	12,5	13,16	
32	02.02.2005	16,1	18,4	5,32	
33	03.02.2005	10,7	11,9	1,43	
34	04.02.2005	23	23,5	0,21	
35	05.02.2005	34,3	34,1	0,06	
36	06.02.2005	45,7	46,1	0,14	
37	19.02.2005	24	23,6	0,18	
38	20.02.2005	24,6	26,4	3,12	
39	21.02.2005	16,7	18,4	2,89	
40	22.02.2005	12,1	13,1	1,04	
41	23.02.2005	17,7	17,7	0,00	
42	24.02.2005	13,6	14,4	0,64	
43	25.02.2005	21,7	22,4	0,44	
44	26.02.2005	11,7	11,3	0,14	

Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 12 von 13**

Hersteller	OPSIS AB	Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³	Standorte	Furulund
Gerätetyp	SM 200		
Serien-Nr.	SN 1112 (Neu) & SN 276 (Alt)		
	Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³		

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1112 - SN 276)²	Standort
		SN 1112	SN 276	[µg/m³]²	
45	27.02.2005	4	4,6	0,38	Furulund
46	28.02.2005	17,5	13,6	15,05	
47	01.03.2005	13,3	8,1	27,24	
48	02.03.2005	12,9	15,1	4,90	
49	03.03.2005	14,6	15,9	1,80	
50	04.03.2005	20,8	22,6	3,24	
51	05.03.2005	13,1	14,4	1,70	
52	06.03.2005	21,2	20,2	0,96	
53	07.03.2005	14,5	13,8	0,43	
54	08.03.2005	9,4	9,1	0,07	
55	11.03.2005	13,4	9,6	14,69	
56	12.03.2005	7,5	9,3	3,39	
57	13.03.2005	9,3	11,1	3,21	
58	14.03.2005	13,1	15,8	7,22	
59	15.03.2005	16,3	20,2	15,21	
60	16.03.2005	42	42,5	0,29	
61	17.03.2005	26,1	29,4	11,14	
62	25.03.2005	21,3	22,0	0,49	
63	26.03.2005	7,7	6,6	1,17	
64	27.03.2005	8,1	8,0	0,00	
65	28.03.2005	10	11,0	1,10	
66	29.03.2005	9,8	11,7	3,47	

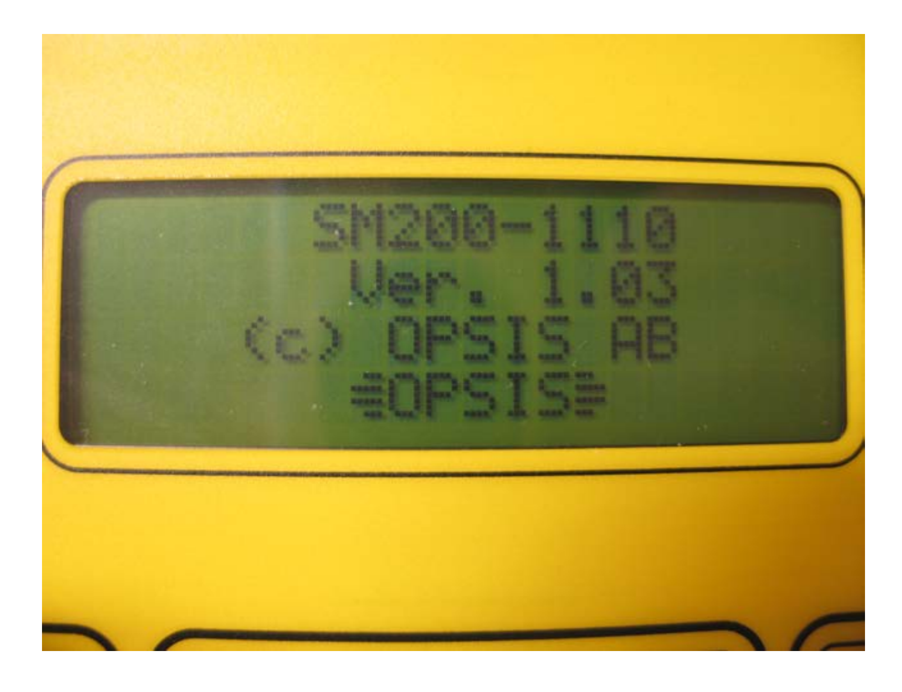
Anlage 14 **Vergleichbarkeit der Testgeräte im Feldversuch** **Blatt 13 von 13**

Hersteller	OPSIS AB
Messbereich	0 bis 1000 µg/m³
Gerätetyp	SM 200
Serien-Nr.	SN 1112 (Neu) & SN 276 (Alt)
Messobjekt	Schwebstaub PM 10, Außenluft
Standorte	Furulund

Konzentrationsmittelwerte ≤ 100 µg/m³

Nr.	Datum	24-h-Meßwerte [µg/m³]		(SN 1112 - SN 276)²	Standort
		SN 1112	SN 276	[µg/m³]²	
67	30.03.2005	14,1	13,1	1,01	Furulund
68	31.03.2005	22,6	24,7	4,44	
69	01.04.2005	36,9	36,0	0,73	
70	02.04.2005	41,8	40,8	1,09	
71	03.04.2005	56,1	53,2	8,57	
72	04.04.2005	49	46,5	6,45	
73	05.04.2005	16,7	20,3	12,97	
74	06.04.2005	36	34,6	2,10	
75	07.04.2005	26,2	23,6	6,55	
76	08.04.2005	18,3	20,7	5,77	
77	09.04.2005	10,6	12,2	2,41	
78	10.04.2005	14,3	15,7	2,00	
79	11.04.2005	20,7	20,9	0,03	
80	12.04.2005	23,9	22,1	3,20	

Anlage 15: **Startbildschirm OPSIS SM 200 (Neu)** **Blatt 1 von 1**



Anhang 2

Handbuch

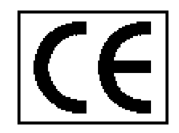


SM200-Serie

Schwebstaub-Immissionsmessgerät
Staubprobenehmer
Stabilitätsüberwachungssystem

Bedienerhandbuch

gültig für Geräte ab Seriennummer #1000



C Urheberrechtshinweis

Warenzeichen

OPSIS ist ein Warenzeichen der Fa. Opsis AB, Schweden. Sonstige Marken und Produkt-bezeichnungen stellen Handelsmarken bzw. eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Unternehmen dar. Die in den Beispielen verwendeten Firmen, Namen und Daten sind - sofern nicht ausdrücklich anders vermerkt - fiktiv.

Beschränkte Software-Garantie

Die Gewährleistungsbedingungen für diese Software sind in dem Kaufvertrag zwischen Käufer und Verkäufer geregelt. Voraussetzung jeder Gewährleistung ist jedoch, dass die Installation, Bedienung und Wartung der Software entsprechend den Vorgaben und Anweisungen der Opsis AB (wie u.a. in diesem Handbuch enthalten) erfolgt. Die Gewährleistung beschränkt sich auf den Ersatz defekter Disketten bzw. Dokumentation aus dem Lieferumfang der Opsis AB. Opsis AB und deren Zulieferer haften in keinem Fall für Gewinneinbußen oder sonstige kaufmännische Nachteile wie z.B. direkte oder indirekte Schäden bzw. Sonder-, Neben- oder Eventualschäden, die sich aus Software- oder Dokumentationsmängeln ergeben - auch nicht für Schäden infolge Datenverlust, Anlagenausfall, Fassonwerteinbuße bzw. Beschädigung oder Ersatz von Geräten oder Sachen.

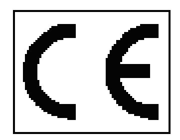




Kontaktdaten

Anschrift	Opsis AB
	Box 244
	SE-244 02 Furulund, Schweden
Fernruf	+46 46 72 25 00
Telefax	+46 46 72 25 01
Website	http://www.opsis.se
E-Mail	info@opsis.se

May 19, 2004



Declaration of Conformity

Opsis AB declares that the product SM200 conform to the following EEC Directives:

- 73/23/EEC regarding low voltage electrical material
- 89/336/EEC regarding Electromagnetic Compatibility
- 93/68/EEC regarding the CE marking

and that the below harmonised standard specifications have been applied:

Safety

EN 61010-1:2001, Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use

Electromagnetic Compatibility

Emission: EN 55011:1998

Immunity: EN 50082-1:1997

Svante Wallin, President

Opsis AB
Box 244
SE-244 02 Furulund, Sweden
Telephone +46 46 72 25 00
Fax +46 46 72 25 01
Web-site http://www.opsis.se
E-mail info@opsis.se

Inhaltsverzeichnis

Einführung 1

Im vorliegenden Kapitel werden die Funktionsgrundlagen des Staubmess-, Staubsammel- und Stabilitätsüberwachungssystems SM200 im Überblick erläutert. Detaillierte Beschreibungen finden sich in den folgenden Kapiteln.

Sämtliche Messgeräte der Baureihe SM200 basieren auf denselben Überwachungsgrundlagen und Hauptkomponenten. Umgebungsluft wird von einer Pumpe in einen Probe-nahmekopf gesaugt und auf einem Filter abgeschieden. Bei den Ausführungen zur Staubmassen- und Luftstabilitätsüberwachung wird der Filterinhalt mit Hilfe einer Betastrahlungsquelle und eines Geiger-Müller-Zählrohrs ausgewertet. Die analysierten Filter werden archiviert und bleiben so für spätere Zusatzauswertungen verfügbar.

Die Messwerte werden im Gerät gespeichert und können an einen externen Rechner übertragen oder einfach auf dem Display abgerufen werden.

1.1 Hauptfunktionen

Jedes Gerät der Baureihe SM200 stellt ein modernes und leistungsfähiges System zur Erfassung und Messung von Schwebstaubkonzentrationen dar. Die Abscheidung der gesammelten Partikel erfolgt auf Standard-Membranfiltern (47 mm). Eine anschließende Untersuchung der Proben mittels weitergehender quantitativer bzw. qualitativer Analyseverfahren ist somit problemlos möglich. Neben Ausführungen zur reinen Probenahme bzw. Stabilitätsüberwachung sind auch Geräte zur selbsttätigen Staubmassenbestimmung mittels integriertem Betrastrahlungs-Analysesystem lieferbar.

Umfassende Qualitätssicherungsfunktionen – automatisiert bzw. bedieneraktiviert – gewährleisten die Bereitstellung geprüfter, zuverlässiger Daten.

Zu erwähnen sind insbesondere folgende Leistungs- und Ausstattungsmerkmale:

- Automatisches System zur sequentiellen Erfassung und Massenbestimmung von Schwebstaub-Immissionen
- Verwendung von Standardfiltern (47 mm), abgelegt in herausnehmbaren externen Filtermagazinen bei Raumtemperatur. Die Beschickung mit neuen Filtern sowie die Entnahme benutzter Filter ist ohne Unterbrechung des Gerätebetriebs möglich.
- Beprobung bei Raumtemperatur.
- Sofortige Verfügbarkeit der Proben zur chemischen Analyse und manuellen gravimetrischen Massenbestimmung.

- Kompletter Satz Qualitätssicherungsparameter für alle Schritte des Probenahme- und Massenbestimmungsprozesses.

1.2 Ausführungen

Analysegeräte der Baureihe SM200 sind in folgenden Versionen lieferbar:

- **Staubsammler-Ausführung (reines Probenahme-Gerät)**
  Der erfasste Schwebstaub wird auf Membranfiltern abgeschieden. Die Filter werden in speziellen Filtermagazinen aufbewahrt, die am Gerät befestigt sind. Eine Pumpe gewährleistet einen definierten Durchfluss durch das System. Da die Staubsammler-Version selbst keine Messungen vornimmt, sind diese Geräte auch nicht mit einer Beta-Strahlungsquelle ausgestattet.
- **Schwebstaub-Immissionsmessgerät**
  Dieses Gerät entspricht baulich der Staubsammler-Ausführung, ist jedoch zusätzlich mit einer integrierten Betastrahlungs-Quelle sowie einem Geiger-Müller-Zählrohr zur Messung der Schwebstaub-Massenkonzentration ausgestattet. Auch bei diesem Gerät werden die gebrauchten Filter für etwaige spätere Auswertungen in einem Magazin abgelegt.
- **Luftstabilität-Überwachungssystem**
  Dieses System ähnelt in seiner Funktion ebenfalls dem Staubsammler, misst jedoch zusätzlich die vom Filter ausgehende Emission natürlicher Strahlung mittels eines Geiger-Müller-Zählrohrs. Die so ermittelten Parameter liefern wichtige Informationen über die atmosphärische Stabilität. Zu diesem Thema liegt eine Reihe wissenschaftlicher Referate und Ausarbeitungen vor; nähere Informationen sind auf Wunsch von Opsis erhältlich. Das Stabilitätsüberwachungs-Modell verfügt nicht über eine eigene Betrastrahlungsquelle.
- **Staubmess- und Stabilitätsüberwachungsmodell (“Kombigerät“)**
  Dieses Modell kombiniert die Schwebstaubimmissions- und Stabilitätsüberwachung, ist jedoch nur für mindestens 8-stündigen Probenahmezyklus lieferbar.

Das vorliegende Handbuch bezieht sich primär auf das reine Schwebstaub-Immissionsmessgerät, da dieses in der Praxis am häufigsten eingesetzt wird. Auf erwähnenswerte Besonderheiten der übrigen Modelle wird jedoch ebenfalls eingegangen.

1.3 Probenahmeköpfe

Unabhängig von der verwendeten SM200-Ausführung steht eine Reihe unterschiedlicher Probenahmeköpfe zur Verfügung. Diese sind in der Regel standardisiert, d.h. es ist je nach betrachtetem Schwebstaubkriterium der entsprechende Probenahmekopf zu verwenden. Das Opsis-Programm umfasst Probenahmeköpfe für folgende Analysezwecke:

- GESAMT-SCHWEBSTAUB (TSP)
- PM10

- PM2.5

Die Mechanik des Probenahmekopfes variiert je nach der zu erfassenden Schwebstaub-fraktion. Auch unterschiedliche Ausführungen für denselben Standard sind lieferbar.

Nähere Informationen sind der Dokumentation zum jeweiligen Probenahmekopf zu entnehmen.

1.4 Filter

Das System SM200 ist für 47-mm-Rundfilter ausgelegt, wobei beliebiges Filtermaterial (Teflon, Zellulosenitrat, Zelluloseacetat, Kunststoff usw.) mit einer Filterfeinheit von 2 µm (Standard) verwendbar ist. Die Filter sind in Filterträgern fixiert. Der Filterbehälter kann bis zu 40 Filterträger aufnehmen und übernimmt die automatische Ablage der gebrauchten Filter sowie die Beschickung des Geräts mit frischem Filtermaterial.

1.5 Technische Daten

Maße und Gewichte	
Probenahmemodul	440 × 630 × 300 mm / 42 kg
Pumpenmodul	310 × 280 × 250 mm / 20 kg
Probenahmekopf	siehe separate technische Daten

Spannungsversorgung	
Netzspannung	230 VAC (+6 %, - 10 %), 50/60 Hz
Strom	3.5 A max.
Leistungsaufnahme	800 W

Betriebsbedingungen	
Temperatur	recommended: +5 to +35 °C (+41 to +95 °F) maximum rating: +5 to + 40 °C (+41 to +104 °F)
Feuchte	max. 80% relative Feuchte

Durchfluss	
Durchflussbereich	8-25 l/min Option: 8-40 l/min
Betriebsdurchfluss	16,67 l/min (je nach Probenahmekopf) Option: 38.3 l/min
Durchflusspräzision	1 % vom Anzeigewert
Durchflussgenauigkeit	2 % vom Anzeigewert
Durchfluss-Konstanz	0,5 % vom Anzeigewert

Durchfluss	
Druckabfall max.	60.0 kPa bei 16.67 l/min

Strahlungsquelle (Staubüberwachungs- und Kombinationsmodell)	
Material	^{14}C-Polymethylmethacrylat
Strahlungstyp	β-Strahlung
Abmessungen	39 × 39 × 1 mm
Gesamtaktivität	9.9 MBq, 267 µCi Option: 99 µCi
Spezifische Aktivität	55.5 MBq/g, 1.5 mCi/g
^{14}C-Halbwertszeit	5730 Jahre
Abstrahlungsenergie	0.156 MeV max. / 0.049 MeV max.

***Hinweis**: Im normalen Betrieb ist ein Durchfluss von 16,67 l/min (1 m^3/h) ausreichend, wenn die Aktivität der Strahlungsquelle 267 µCi beträgt. Bei einer Strahlung von 99 µCi sollte der Durchfluss in der Praxis 38,3 l/min (2,3 m^3/h) betragen, um dieselbe Leistung zu erzielen.*

Massenermittlungsdaten (Staubüberwachungs- und Kombinationsmodell)	
Massenmessbereich	0 to 60 mg
Präzision der Massenmessung	14 µg
Genauigkeit der Massenmessung (gravimetrisch bestimmt)	±1 % (Referenzmembran)
Präzision der Konzentrations-messung	< 1 µg/m^3 (24-Std.-Erfassung)
Untere Nachweisgrenze	2.5 µg/m^3 (24-Std.-Erfassung)
Konzentrationsmengen-Nach-weisgrenze	10 µg/m^3 (24-Std.-Erfassung)
Zykluszeit (pro Filter)	8 Std. - 100 Tage (Staubmess-/Kombigerät) 4 Std. - 100 Tage (Luftstabilitäts-Überwachungs-system)
Beta-Messzeit	120 min (Staubmessgerät, Kombigerät) 30 min (Luftstabilitäts-Überwachungssystem)

Stabilitätsdaten (Stabilitätsüberwachungs- und Kombimodell)	
β^*	β-Aktivität bedingt durch kurzlebige Zerfallsprodukte des Radons. Funktion der atmosphärischen Stabilität.
β1	Rest-β-Aktivität, Hintergrund- und langlebige Zerfall-sprodukte des Radons. Dient der Qualitätssicherung.

Stabilitätsdaten (Stabilitätsüberwachungs- und Kombimodell)	
R	Regressionskoeffizient, Maß des Vertrauens in den ermittelten β^*-Wert.

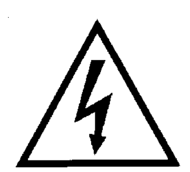
Weitere Merkmale	
Anzeige	LCD-Display, 4 × 20 ZeichenLCD-Display
Tastatur	Folientastatur, 16 keys
Datenspeicherung	> 100 Datensätze
Uhrzeit / Kalender	Kennzeichnung jedes Datensatzes
Serielle Schnittstelle	3 × RS232
Kommunikation	Datenübermittlung, Fernsteuerung
Analog-Ausgang	0-10 V oder 0-20 mA (user selectable, e.g. 0-1000 µg/m^3, 0-4095 Zerfälle)
Status-Ausgang	Relais (geschlossen = Zustand "OK")

Sicherungen – zugänglich für Bediener (am Spannungseingang)	
Probenahmemodul	2 × 6,3 A / 250 V träge
Pumpenmodul	1 × 4 A / 250 V träge

Interne Sicherungen – unzugänglich für Bediener	
Hochspannungsmodul	1 × 3.15 A / 250 V träge 1 × 1.6 A / 250 V träge 1 × 500 mA / 250 V träge 1 × 50 mA / 250 V träge

Temperaturstabilisator, TS200	
Aluminiumrohr	75 mm ∅, Länge 1350 mm
Plastikrohr	50 mm ∅, Länge 1500 mm
Belüftungsschlauch	50 mm ∅, Länge 5 m
Ablaufschlauch	12 mm ∅, Länge 2 m

1.6 Allgemeine Sicherheitshinweise

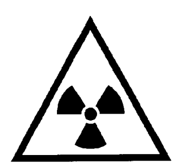


***Achtung**: Im Inneren des Geräts liegt Hochspannung an, wenn der Netzstecker eingesteckt ist. Vor Entfernung des Geräte- bzw. Pumpendeckels unbedingt Netzschalter auf AUS stellen und das Netzkabel abziehen.*

***Achtung**: Um Schäden am Gerät zu vermeiden, darf dieses nur an der vorgeschriebenen Netzspannung betrieben werden.*



***Achtung**: Das Gerät weist innen und außen bewegliche Teile auf. Die Filterträger während des Filterbeschickungs- bzw. –entnahmevorgangs nicht berühren!*



***Achtung**: Geräte, die dieses Symbol tragen, enthalten eine radioaktive b-Strahlungsquelle. Das Gehäuse, das diese Strahlungsquelle umgibt, darf in keinem Fall demontiert werden!*

Dieses Gerät wurde zur Sammlung von Luftproben, Messung der Schwebstraubkonzentration und/oder Stabilitätsmessung entwickelt. Jede Verwendung zu anderen Zwecken ist bestimmungswidrig.

Im Interesse einer zuverlässigen und gefahrlosen Funktion sind die technischen Daten aus section 1.5 bei Betrieb und Wartung des Geräts unbedingt zu beachten. Der Betrieb des Geräts in explosionsgefährdeten Umgebungen (Ex) ist unzulässig. Die Wartungszeitpläne und/oder Hinweise des Gerätelieferanten sind einzuhalten.

Hardware-Beschreibung 2

Das System SM200 besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- Probenahmemodul, siehe Kapitel 2.1.
- Probenahmekopf mit Ansaugleitung, siehe Kapitel 2.2.
- Temperaturstabilisator für Ansaugrohr, siehe Kapitel 2.3.
- Filterträger und Filtermagazine, siehe Kapitel 2.4.
- Pumpenmodul, siehe Kapitel 2.5.

Das Probenahmemodul setzt sich wiederum aus folgenden Grundelementen zusammen:

<table>
<tr><th>Hardware</th><th>Staubsammler</th><th>Staubmess- und Stabilitätsüber-wachungsgerät Kombinationsgerät</th><th>Luftstabilitäts-Überwachungsgerät</th></tr>
<tr><td>Mechanik</td><td colspan="3">Ja, siehe Kapitel 2.1.1</td></tr>
<tr><td>Pneumatik</td><td colspan="3">Ja, siehe Kapitel 2.1.2</td></tr>
<tr><td>Beta-Strahlungsquelle</td><td>Nein</td><td>Ja, siehe Kapitel 2.1.3</td><td>Nein</td></tr>
<tr><td>Geiger-Müller-Zählrohr</td><td>Nein</td><td colspan="2">Ja, siehe Kapitel 2.1.3</td></tr>
<tr><td>Elektronik</td><td colspan="3">Ja, siehe Kapitel 2.1.4</td></tr>
<tr><td>Gebläseheizung</td><td>Nein</td><td colspan="2">Ja</td></tr>
<tr><td>Analogausgang</td><td>Nein</td><td colspan="2">Ja, siehe Kapitel 2.7</td></tr>
<tr><td>Serielle Kommunikation</td><td colspan="3">Ja, siehe Kapitel 2.8</td></tr>
</table>

Im folgenden Kapitel werden die vorstehenden Systeme – sowie eine Reihe nachgeordneter Funktionen – beschrieben. Zudem werden die Funktionsprinzipien der verschiedenen SM200-Ausführungen erläutert.

Hinweise zu Installation und Montage des Geräts sind Kapitel 4, Montage zu entnehmen.

2.1 Probennahme- und Messmodul

Das Probennahme- und Messmodul (Abb. 2.1) ist das Herz des SM200-Systems. Die Abbildung zeigt das Modul mit zwei Filtermagazinen (siehe Kapitel 2.4), jedoch ohne Proben- nahmekopf (Kapitel 2.2).



Abb. 2.1. Probennahme- und Messmodul.

Auf der Frontplatte des Probenahmemoduls befindet sich die Anwenderschnittstelle mit Display sowie die Bedienungstasten des Geräts. Eine detaillierte Beschreibung der Anwenderschnittstelle und des Menüsystems enthält Kapitel 5, Betrieb.

Auf der Rückseite des Geräts finden sich folgende Anschlüsse:

- Netzanschluss (mit unmittelbar danebenliegenden Gerätesicherungen)
- Spannungsversorgung für das Pumpenmodul (Kapitel 2.5).
- Zu- und Rückleitungen zum Pumpenmodul
- Anschluss für externen Temperatursensor
- Analog/digital Ausgang
- Serielle Kommunikationsschnittstelle (RS232)

Im Inneren des Probennahme- und Messmoduls sind die Mechanik für den Filtertransport, ein wesentlicher Teil des pneumatischen Systems, das eigentliche Messsystem (zur Ermittlung der Massenkonzentration und/oder atmosphärischen Stabilität) sowie die Elektronik und Mikroprozessoren für die Gerätesteuerung untergebracht. Diese Komponenten werden in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

2.1.1 Mechanik

Die innenliegende Mechanik des Probennahme- und Messmoduls basiert auf einem Drehteller, der auch als "Karussell" bezeichnet wird. Dieses Karussell ist für den Filtertransport

vom Reinfilter-Magazin (Kapitel 2.4) zu den messtechnisch erforderlichen Probennahme- und Messpositionen sowie schließlich zur Ablage in das Gebrauchtfilter-Magazin zuständig. Der Aufbau des Karussells ist in Abb. 2.2 verdeutlicht.

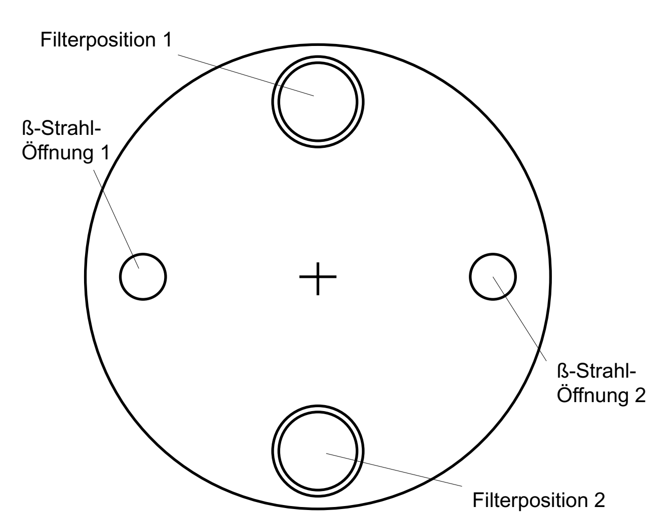


Abb. 2.2. Das Filterkarussell.

Das Karussell weist vier verschiedene Positionen auf, je nachdem, ob ein Filter:

- auf das Karussell gelegt
- in Probenahme-Stellung gebracht
- in die Messposition bewegt oder
- aus dem Karussell entnommen werden soll.

Das Karussell kann jeweils zwei Filter zugleich aufnehmen. Während auf einem Filter die Staubprobe gesammelt wird, befindet sich der andere in Messposition. Beim Einlegen eines neuen Filters wird zugleich einer der beiden gebrauchten Filter extern abgelegt.

Das Karussell weist zudem zwei Öffnungen zur Kalibrierung der Betastrahlen-Quelle und des Geiger-Müller-Zählrohrs auf (siehe Kapitel 2.1.3).

Der Antrieb des Karussells erfolgt über einen hochpräzisen Schrittmotor. Ein Sperrmechanismus sorgt für die zuverlässige Fixierung des Karussells während des Probennahme- und Messvorgangs. Die aktuelle Position des Karussells wird durch optische Sensoren überwacht.

2.1.2 Pneumatik

Das pneumatische System ist in Abb. 2.3. skizziert. Es umfasst folgende Hauptkomponenten:

- Probenahmekopf
- Filterkammer

- Pumpe
- Durchfluss-Messkammer

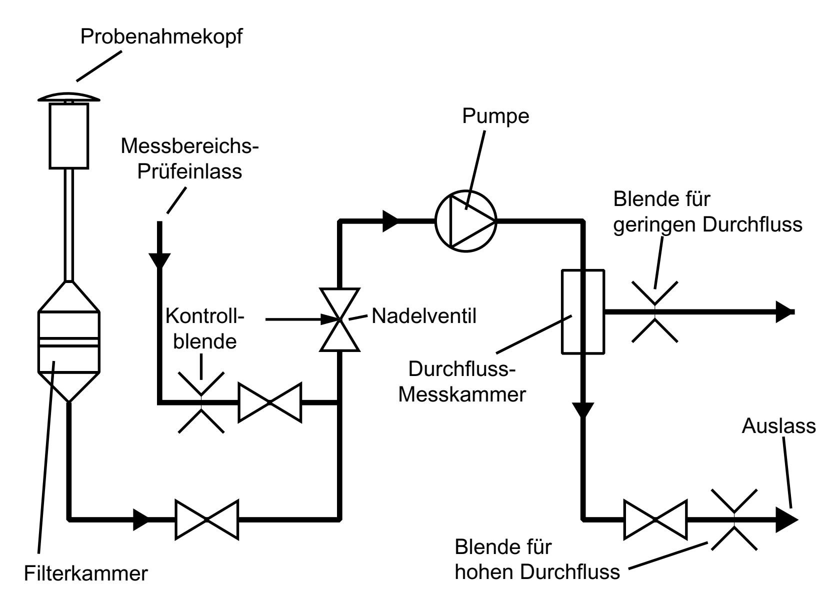


Abb. 2.3. Das pneumatische System.

Im normalen Betrieb tritt Luft am Probenahmekopf ein und durchströmt das in der Filterkammer befindliche Filter. Von hier aus gelangt die Luft zu dem Nadelventil, das der Regulierung des Luftdurchflusses dient, und schließlich zu der Pumpe (siehe Kapitel 2.5). Die Luft wird durch die Durchfluss-Messkammer gesaugt, passiert die Blende für hohen Durchfluss und tritt danach am Auslass aus.

Das Nadelventil zur Regulierung des Luftdurchflusses wird anhand des Druckabfalls an der Blende für hohen Durchfluss verstellt.

Die übrigen Ventile und Kalibrierblenden dienen zur Qualitätssicherungs-Kontrolle des Systems. Nähere Informationen zu diesem Thema enthält Kapitel 3, Qualitätssicherung und Qualitätslenkung.

Die Filterkammer ist in zwei Hälften geteilt. Dies erlaubt das Einlegen je eines Filters in die Kammer durch das Karussell (Kapitel 2.1.1). Sobald das Filter in Position ist, wird die Kammer über einen Schrittmotor luftdicht geschlossen.

2.1.3 Messsystem

Das Messsystem wird in allen SM200-Modellen – mit Ausnahme des reinen Staubsammlers – in identischer Form verwendet. Der Aufbau dieses Systems ist in Abb. 2.4 dargestellt. Ein Geiger-Müller-Zählrohr überwacht die Betastrahlung und meldet pro erfasstem Beta-Zerfall einen "Zähler". Die Betastrahlung wird von der β-Strahlungsquelle oder von der Probe selbst abgegeben. Zur Messung der Hintergrundstrahlung kann das Geiger-Müller-Zählrohr durch eine bewegliche Blende gegen die Strahlungsquelle abgeschirmt werden. Durch Drehung des Karussells lassen sich neue Filter zwischen Strahl-

ungsquelle und Detektor positionieren. Das Karussell weist zudem Kalibrierungsöffnungen zur Qualitätssicherung von Strahlungsquelle und Detektor auf (siehe Kapitel 2.1.1).

Hinweise über das Zusammenwirken von Karussell, Pneumatik und Messsystem bei den verschiedenen SM200-Modellen enthält Kapitel 2.6. Eine detaillierte Darstellung der Qualitätssicherungsfunktionen für das Messsystem ist Kapitel 3, Qualitätssicherung und Qualitätslenkung zu entnehmen.

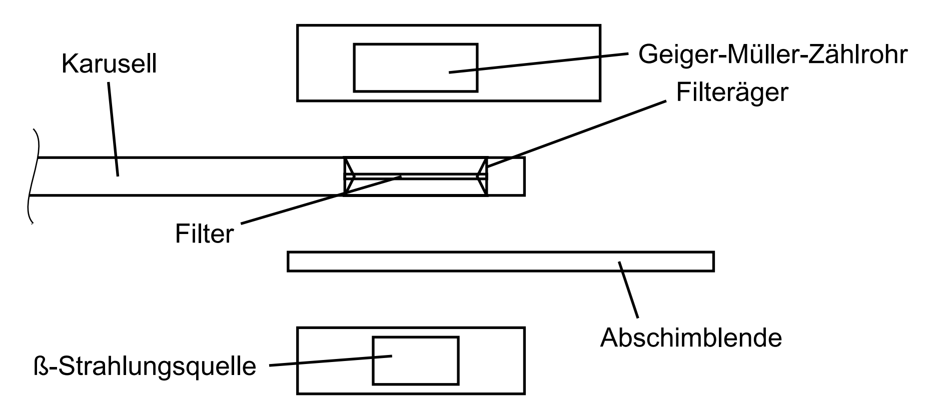


Abb. 2.4. Das Messsystem.

Die reine Staubsammler-Ausführung des SM200 verfügt nicht über eine Betastrahlungsquelle.

2.1.4 Elektronik und Mikroprozessoren

Zur Steuerung sämtlicher Gerätefunktionen dient ein zentraler Mikroprozessor. Dieser ist sowohl für die Bedienerschnittstelle als auch für die Mechanik, Pneumatik und Datenerfassung sowie die Kommunikation über die RS232-Anschlüsse zuständig. Alle Sensoren werden kontinuierlich auf einwandfreie Funktion überwacht (siehe Kapitel 3, Qualitätssicherung und Qualitätslenkung).

2.2 Probenahmeköpfe und Ansaugleitungen

Die Entnahme der Staubprobe erfolgt in der Regel über einen Probenahmekopf, der unmittelbar über dem SM200-Probenahmemodul in der Umgebungsluft montiert ist. Je nach zu erfassender Staubfraktion sind unterschiedliche Probenahmeköpfe verwendbar.



Abb. 2.5. Typischer PM10 -Probenahmekopf.

Ein typischer Probenahmekopf ist in Abb. 2.5 dargestellt. Die Bauweise kann je nach Hersteller variieren. In der Regel sind Probenahmeköpfe zumindest für folgende Partikelfraktionen lieferbar:

- TSP (Gesamt-Schwebstaub)
- PM10 (Partikelgröße ≤ 10 µm)
- PM2.5 (Partikelgröße ≤ 2,5 µm)

Die Probenahmeköpfe sind wind- und regensicher ausgeführt und durch geeignete konstruktive Maßnahmen gegen Kondenswasser-Einflüsse geschützt.

In besonderen Fällen können sog. "Impaktoren" zu dem Probenahmekopf in Reihe geschaltet werden, um noch kleinere Staubfraktionen zu erfassen.

Die Probenahmeköpfe bedürfen normaler-weise regelmäßiger Wartung und Reinigung. Nähere Hinweise sind der Dokumentation zum jeweiligen Probenahmekopf zu entnehmen.

Die Verbindung zwischen Probenahmekopf und Probenahmemodul wird über einen Ansaugleitung hergestellt. Diese sollte unbedingt geradlinig verlegt werden, um Verfälschungen der Fraktionszusammensetzung zu verhindern. Das Leitungsinnere sollte anodisch poliert bzw. glanzeloxiert sein.

2.3 Temperaturstabilisator

In der Regel ist es erforderlich, interne Kondensatbildung aus der Probenluft in der Ansaugleitung zu verhindern. Problematisch ist dies besonders an Standorten mit hoher Luftfeuchtigkeit und Außenlufttemperaturen, die deutlich über der Umgebungstemperatur am

Einbauort des Probenahmemoduls liegen. Auch dem Entweichen flüchtiger chemischer Verbindungen ist durch möglichst stabile Temperaturverhältnisse vorzubeugen. Hierzu bieten sich der Einsatz eines Temperaturstabilisators TS200 an (siehe Abb. 2.6).

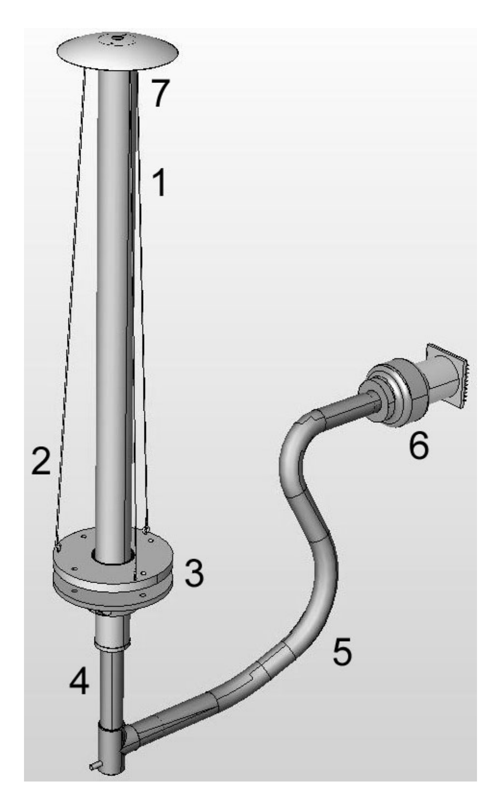


Abb. 2.6. Temperaturstabilisator TS200.

Temperaturstabilisator TS200	
1	Aluminiumrohr
2	Abspannseile
3	Dachflansch
4	Kunststoffrohr
5	Zuluftschlauch
6	Gebläse (wandmontiert)
7	Halterung für Außentemperatursensor

Zur Vehinderung von Kondensatbildung und Minimierung des Verlusts an leicht flüchtigen Schwebstaubanteilen dient ein koaxiales Mantelrohr, das die Ansaugleitung umgibt. Über eine zusätzlich erforderliche bauseitige Pumpe wird dieses Mantelrohr mit Umgebungsluft gespült, so dass die Temperatur der Probenluft im Inneren der Ansaugleitung bis zum Filter unverändert bleibt. Montagehinweisungen siehe Kapitel 4, Montage.

2.4 Filterträger und Filtermagazine



Abb. 2.7. Filterträger.



Abb. 2.8. Filterbehälter.

Das Gerät kann praktisch mit jedem 47-mm-Standardfilter betrieben werden, solange dieser bei der Probenahme keinen übermäßigen Druckabfall verursacht.

Diese Filter bestehen in der Regel aus Teflon, es kommen jedoch auch andere Werkstoffe wie z.B. Zellulosenitrat, Zelluloseazetat, Kunststoff usw. in Frage. Die Filterfeinheit beträgt typischerweise 2 µm (Standard).

Im Gerät wird jeder Filter durch den in Abb. 2.7 dargestellten Filterträger gehalten. Dieser steht nach Verwendung des Filters für einen neuen Filter zur Verfügung.

Bei Betrieb des SM200 im 1-Std.-Probennahme-modus muss eine spezielle Metallblende unmittelbar vor den Filter in den Filterträger eingesetzt werden. Diese Blenden sind – wie auch der Filterträger selbst – immer wieder verwendbar.

Die Filter in ihren Filterträgern werden in einem Filtermagazin abgelegt. Dieses kann bis zu 40 Filterträger aufnehmen. Das System verfügt über ein Filtermagazin für saubere, frische Filter sowie ein zweites Filtermagazin für bereits verwendete Filter. Jedes dieser Filtermagazine kann bei laufendem Gerät ohne Funktionsbeeinträchtigung abgenommen werden.

Das Filtermagazin ist durch ein Plexiglasgehäuse geschützt, das sich zum Transport mit einem Deckel verschließen lässt.

Nähere Hinweise zur Verwendung der Filter-träger, Magazine und Blenden sind Kapitel 4, Montage zu entnehmen.

2.5 Pumpenmodul

Das Pumpenmodul enthält eine zweiköpfige Membran-Vakuumpumpe, die für den Luftdurchfluss durch das Gerät zuständig ist. Das Pumpenmodul ist über zwei Luftleitungen (Vor- und Rücklauf) mit dem Probennahme- und Messmodul verbunden. Die Spannungsversorgung der Pumpe erfolgt über das Probenahmemodul, das somit den Pumpenbetrieb steuern kann.



Abb. 2.9. Das Pumpenmodul.

Der Luftdurchfluss durch das System wird durch das Probenahmemodul gesteuert. Dieses führt auch Qualitätssicherungskontrollen – einschließlich Kontrollen des Pumpen-verhaltens – durch. Im Betrieb wird die Pumpe je nach den Erfordernissen des Probenahme und Messablaufs vom Probenahmemodul ein- und ausgeschaltet.

Die Pumpe verfügt über eigene Sicherungen, die an der Betriebsspannungs-Einspeisung angeordnet sind.

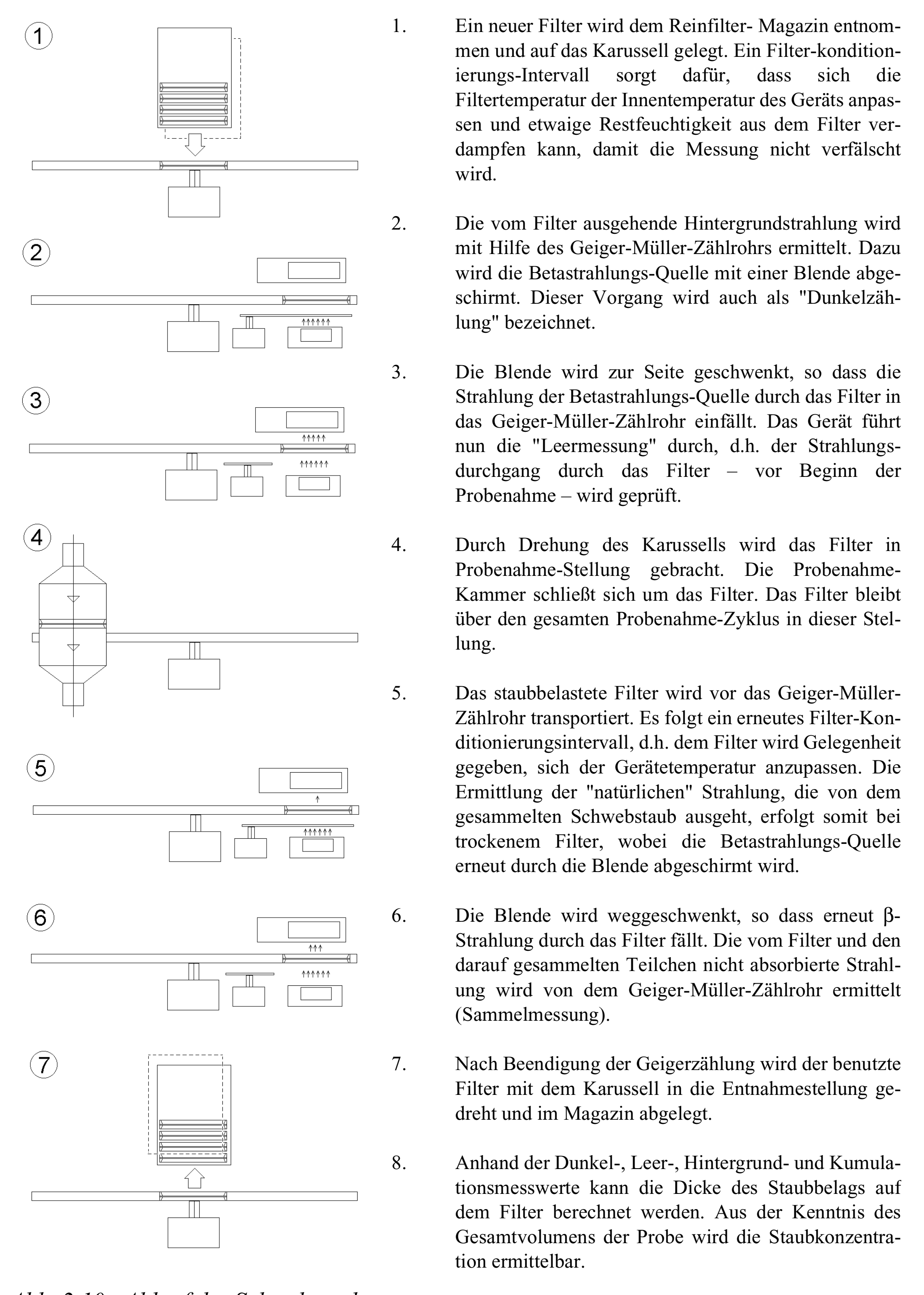
***Hinweis**: Das Pumpenmodul muss regelmäßig gewartet werden. Nähere Informationen sind Kapitel 6 zu entnehmen.*

2.6 Funktionsprinzip

Die verschiedenen Ausführungen des SM200 sind in ihren Hauptmerkmalen wie Mechanik, Pneumatik, Geiger-Müller-Zählrohr und Elektronik identisch. Hinsichtlich der Funktion bestehen jedoch z.T. erhebliche Unterschiede. Die verschiedenen Betriebsweisen sind nachstehend erklärt.

2.6.1 Staubsammler und normales Schwebstaubmessgerät

An dieser Stelle soll zunächst das normale Schwebstaub-Immissionsmessgerät betrachtet werden, da es das gängigste Modell in der SM200-Baureihe darstellt. Zur Verdeutlichung seiner Funktion sei der Weg eines Filters auf dem Weg durch das Gerät beschrieben. Die einzelnen Schritte entsprechen der Nummerierung in Abb. 2.10.



1. Ein neuer Filter wird dem Reinfilter- Magazin entnommen und auf das Karussell gelegt. Ein Filter-konditionierungs-Intervall sorgt dafür, dass sich die Filtertemperatur der Innentemperatur des Geräts anpassen und etwaige Restfeuchtigkeit aus dem Filter verdampfen kann, damit die Messung nicht verfälscht wird.

2. Die vom Filter ausgehende Hintergrundstrahlung wird mit Hilfe des Geiger-Müller-Zählrohrs ermittelt. Dazu wird die Betastrahlungs-Quelle mit einer Blende abgeschirmt. Dieser Vorgang wird auch als "Dunkelzählung" bezeichnet.

3. Die Blende wird zur Seite geschwenkt, so dass die Strahlung der Betastrahlungs-Quelle durch das Filter in das Geiger-Müller-Zählrohr einfällt. Das Gerät führt nun die "Leermessung" durch, d.h. der Strahlungsdurchgang durch das Filter – vor Beginn der Probenahme – wird geprüft.

4. Durch Drehung des Karussells wird das Filter in Probenahme-Stellung gebracht. Die Probenahme-Kammer schließt sich um das Filter. Das Filter bleibt über den gesamten Probenahme-Zyklus in dieser Stellung.

5. Das staubbelastete Filter wird vor das Geiger-Müller-Zählrohr transportiert. Es folgt ein erneutes Filter-Konditionierungsintervall, d.h. dem Filter wird Gelegenheit gegeben, sich der Gerätetemperatur anzupassen. Die Ermittlung der "natürlichen" Strahlung, die von dem gesammelten Schwebstaub ausgeht, erfolgt somit bei trockenem Filter, wobei die Betastrahlungs-Quelle erneut durch die Blende abgeschirmt wird.

6. Die Blende wird weggeschwenkt, so dass erneut β-Strahlung durch das Filter fällt. Die vom Filter und den darauf gesammelten Teilchen nicht absorbierte Strahlung wird von dem Geiger-Müller-Zählrohr ermittelt (Sammelmessung).

7. Nach Beendigung der Geigerzählung wird der benutzte Filter mit dem Karussell in die Entnahmestellung gedreht und im Magazin abgelegt.

8. Anhand der Dunkel-, Leer-, Hintergrund- und Kumulationsmesswerte kann die Dicke des Staubbelags auf dem Filter berechnet werden. Aus der Kenntnis des Gesamtvolumens der Probe wird die Staubkonzentration ermittelbar.

Abb. 2.10. Ablauf der Schwebstaubmessung.

Bei Messbetrieb befinden sich stets zwei Filter im Gerät. Während auf einem Filter die Probe gesammelt wird, befindet sich das andere in der Messposition, in der die Filterkonditionierung sowie die Dunkel-, Leer-, Hintergrund- und Sammelmessung erfolgen.

Wichtigster Parameter beim Betrieb des SM200 als Staubsammler und Schwebstaub-Immissionsmessgerät ist die charakteristische *Zykluszeit*, d.h. die Länge des Zeit, während der das Filter in Probenahmestellung bleibt. Diesem Zeitraum sind jedoch die Filterkonditionierung sowie die Dunkel- und Leermessung vorgeschaltet. An die Probenahme schließt sich eine erneute Filterkonditionierung sowie die Hintergrund- und Sammelmessung an. Das Filter bleibt daher deutlich länger im Gerät, als die Zykluszeit angibt. Die einzelnen Phasen des Filterprozesses auf dem Karussell sind in Abb. 2.11 verdeutlicht.

Die Filterkonditionierung sowie die verschiedenen Messungen nehmen insgesamt mehrere Stunden in Anspruch. Allein für die Hintergrund- und Sammelmessung sind jeweils zwei Stunden zu veranschlagen. Hierdurch geht jedoch keine Probenahmezeit verloren, da sich der nächste Filter ja bereits in Probenahmestellung befindet, während der letzte Filter noch in der Messstellung ausgewertet wird. Auch dies ist aus Abb. 2.11 erkennbar.

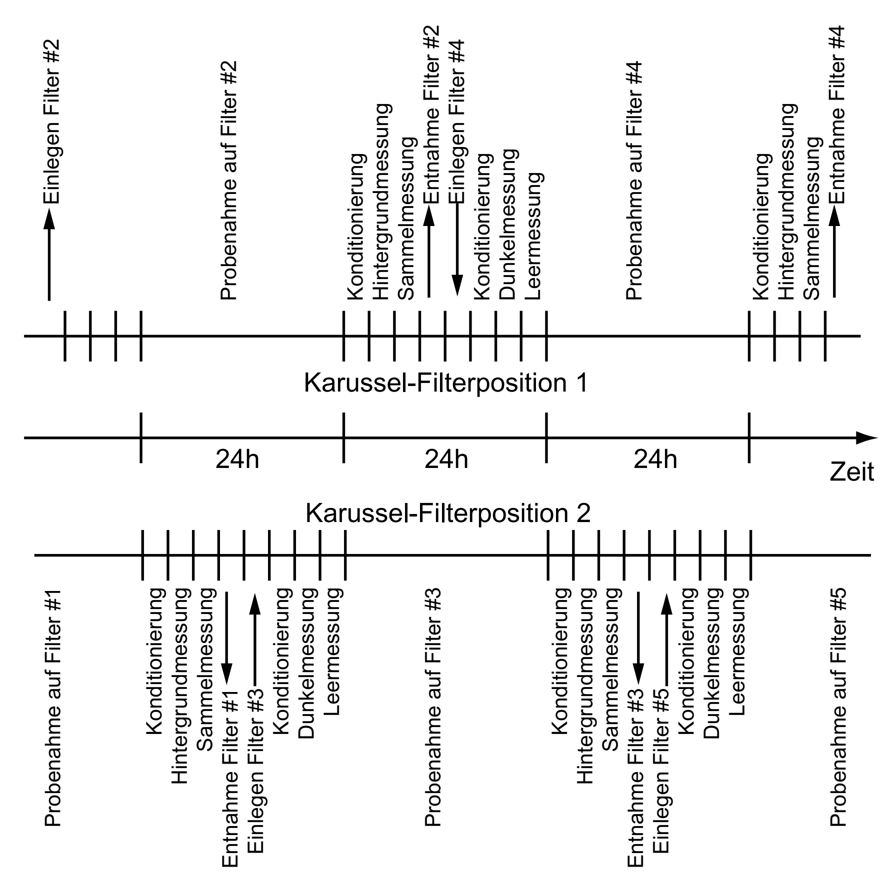


Abb. 2.11. Konditionierungs-, Mess- und Probenahme-Phasen an den beiden Filter-positionen des Karussells. Die Zykluszeit beträgt 24 h. Die erste Probenahme läuft bereits, als das zweite Filter eingelegt wird (links).

Die Zykluszeit muss mindestens acht Stunden betragen, kann jedoch auch länger sein. In der Regel wird ein eintägiger Zyklus (24 Std.) gewählt. Hinweise zur Auswahl der geeigneten Zykluszeit finden sich in Kapitel 2.6.4.

Der Unterschied zwischen dem Schwebstaub-Immissionsmessgerät und dem reinen Staubsammler-Modell besteht lediglich darin, dass letzteres keine Betastrahlungs-Quelle enthält. Beide Modelle sind jedoch mit genau derselben Software ausgestattet, woraus sich

u.a. ergibt, dass auch bei dem Staubsammler bestimmte Zeitintervalle für die "Messung" aufgewendet werden. Diese haben natürlich keine Funktion, da der Staubsammler ja nicht über eine Strahlungsquelle verfügt. Nach Ablauf dieses "überflüssigen" Intervalls werden die Proben jedoch wie gewohnt in das Filtermagazin transportiert.

2.6.2 Stabilitätsüberwachung

Beim reinen Stabilitätsüberwachungs-Gerät misst das Geiger-Müller-Zählrohr ausschließlich die natürliche Strahlung des gesammelten Staubs. Eine Betastrahlungs-Quelle wird nicht benötigt. Der Funktionsablauf ist daher gegenüber dem Schwebstaub-Messgerät deutlich vereinfacht. Abb. 2.12 verdeutlicht den Messvorgang des Stabilitätsüberwachungsgeräts. Dieser umfasst folgende Schritte:

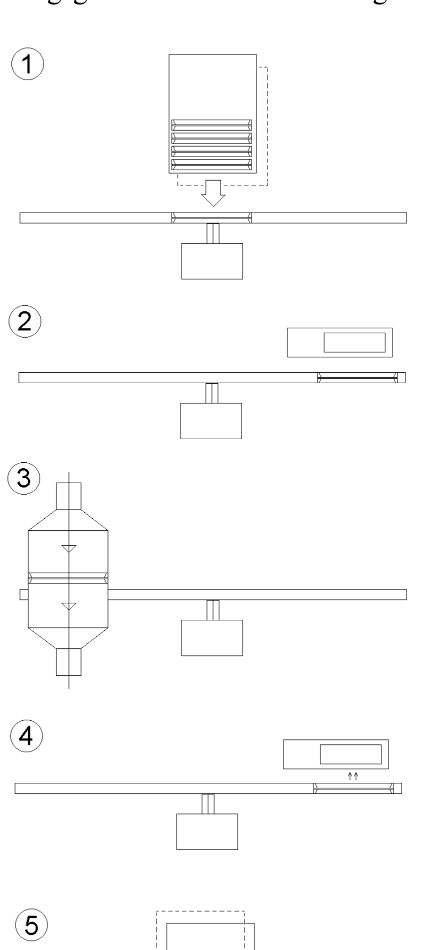


Abb. 2.12. Stabilitäts-Überwachungsgerät.

1. Ein neues Filter wird dem Reinfilter-Magazin entnommen und auf das Karussell gelegt.
2. Nach Ablauf des Konditionierungsintervalls wird die Hintergrundstrahlung des Filters mit Hilfe des Geiger-Müller-Zählrohrs ermittelt ("Dunkelmessung").
3. Das Filter wird vom Karussell in die Probenahme-Position transportiert, wo er solange verbleibt, wie am Gerät eingestellt wurde.
4. Nach erfolgter Probennahme wird das Filter wieder vor das Geiger-Müller-Zählrohr bewegt. Nach Ablauf eines erneuten Konditionierungsintervalls wird die "natürliche" Strahlung des auf dem Filter gesammelten Staubes gemessen.
5. Das benutzte Filter wird vor das Ablage-Magazin transportiert und in diesem abgelegt.
6. Aus der Dunkel- und Hintergrundmessung wird die durch kurz- und langlebige Radon-Töchter bedingte Strahlungsaktivität errechnet. Hieraus ergibt sich eine Messung der atmosphärischen Stabilität.

Auch bei diesem System befinden sich immer zwei Filter im Gerät. Während ein Filter in der Probenahme-Position (Schritt 3) ist, wird der andere auf natürliche Strahlung analysi-

ert (Schritt 4). Wie bei dem Schwebstaub-Messgerät mit stündlichem Messintervall wird jedes Filterpaar in der Regel für mehrere Probenahme- und Messvorgänge verwendet, bevor es abgelegt und ein neues Filterpaar eingelegt wird.

Wie bei den anderen Modellen ist auch für das Stabilitätsmessgerät eine Zykluszeit maßgeblich. Diese bezeichnet die Gesamtdauer, während der sich ein Filterpaar in Gebrauch befindet. Die Zykluszeit ist in mehrere Messungen unterteilt (Gesamtzahl der Sammelmessungen, die mit den beiden Filtern durchgeführt werden, bevor sie abgelegt und durch ein neues Filter aus dem Reinfilter-Magazin ersetzt werden).

Die Filterkonditionierung und Hintergrundmessung des beprobten Filters wird im jede Fall abgeschlossen, bevor mit der Probenahme auf einem neuen Filter beginnen wird. Der Konditionierungs- und Messvorgang nach Beendigung der Probennahme werden als Konditionierung und Dunkelmessung für die nächste Messung auf demselben Filter herangezogen.

Die Probenahmezeit pro Filter beträgt in der Regel zwei Stunden – dies ist zugleich die Mindestzeit. Um diese Funktion zu erhalten, sollte die Anzahl der Messungen auf die Hälfte der Zykluszeit in Stunden eingestellt werden – z.B. 12 Messungen bei Verwendung einer 12-stündigen Zykluszeit. Einzelheiten zum Thema "Zykluszeit" finden sich in Kapitel 2.6.4.

2.6.3 Kombigerät

Bei der Kombi-Ausführung des SM200 handelt es sich im Grunde um das normale Schwebstaub-Immissionsmessgerät, jedoch mit zusätzlichen Rechenfunktionen zur Ermittlung der Zerfälle kurz- und langlebiger Radon-Töchter. Die Funktionsweise entspricht der Darstellung in Abb. 2.10.

2.6.4 Zykluszeit

Bei der Auswahl der Zykluszeit sind folgende Überlegungen zu berücksichtigen:

- Die Probenahmezeit kann *gesetzlich vorgeschrieben* sein. In diesem Fall entfällt die individuelle Einstellung.
- Die Zykluszeit sollte *lang* gewählt werden, wenn ein möglichst langfristiger Betrieb des Geräts ohne Entnahme verbrauchter Filter und Nachfüllen neuer Filterelemente gewünscht wird.
- Die Zykluszeit sollte *kurz* sein, wenn es auf hohe Zeitauflösung ankommt.
- Eine hohe Staublast in der Luft kann die Zykluszeit *begrenzen*. Auf dem Filter lagert sich dann so viel Staub ab, dass der Differenzdruck zu groß wird und die Pumpe den erforderlichen Durchsatz nicht mehr gewährleisten kann. Abhilfe kann hier durch Verwendung eines anderen Filtertyps oder Verkürzung der Zykluszeit geschaffen werden. Wenn im Laufe der Probenahme keine wesentliche Druckerhöhung feststellbar ist, kann die Zykluszeit ohne Weiteres verlängert werden.

Aus den vorstehenden Erwägungen wird deutlich, dass die optimale Zykluszeit stets einen Kompromiss aus gesetzlichen Anforderungen, selbständiger Betriebsdauer des Geräts, Zeitauflösung und Probenahme-Bedingungen darstellt.

2.7 Analogausgang

Das SM200-Gerät verfügt über einen Analogausgangs-Anschluss in der Geräterückwand. An diesem Ausgang wird ein Signal von 0 – 10 V d.c. bzw. 0 - 20 mA ausgegeben. Mittels der Einrichtfunktionen für den Analogausgang lässt sich die entsprechende Staubkonzentration für die Schwebstaub-Modelle (z.B. 0 - 200 µg/m^3) bzw. die entsprechende Anzahl Zähler für die Stabilitätsüberwachungs-Modelle (z.B. 0 - 4095 Zähler) festlegen. Zudem liefert dieser Ausgang eine Relais-Statusmeldung entsprechend der Statusanzeige in der Frontplatte. Bei geschlossenem Kontakt ist der Gerätestatus "OK".

Technisch ist der Analogausgang als 6-polige Klemmleiste ausgeführt (siehe Abb. 2.13 und Abb. 2.14).

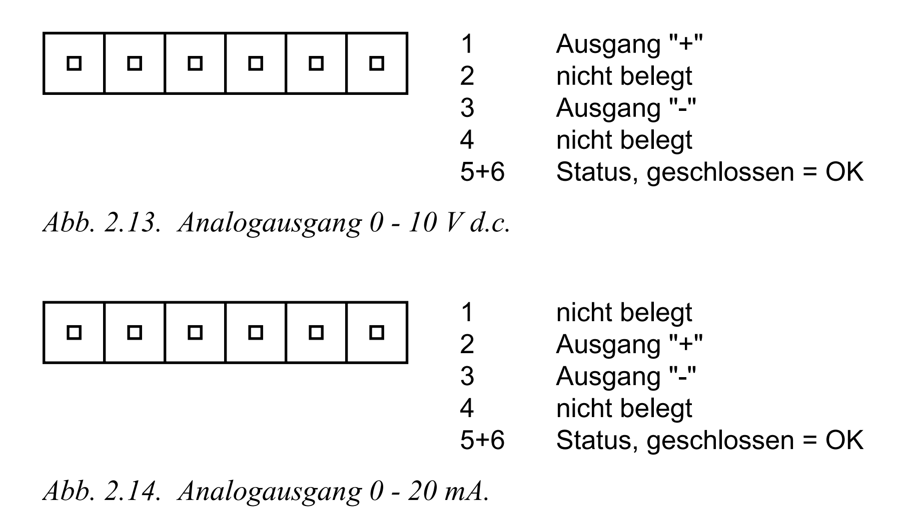


Abb. 2.13. Analogausgang 0 - 10 V d.c.

Abb. 2.14. Analogausgang 0 - 20 mA.

2.8 Serielle Kommunikation

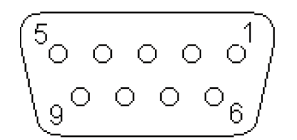
Die seriellen Anschlüsse in der Rückwand des SM200 sind als 9-polige Standard-RS232-Stiftsteckverbinder in DCE-Konfiguration (Data Communications Equipment) ausgeführt. Diese Ports dienen in der Regel zur Erfassung von Daten (einschließlich zahlreicher Status-Parameter) sowie zur Fernsteuerung des SM200.

Die seriellen Schnittstellen sind auf folgende Weise verwendbar:

- Direkter Anschluss an einen Computer bzw. ein Datenprotokolliergerät zwecks lokaler Kommunikation.
- Anschluss eines Kabel-, Funk- oder GSM-Modems zum Fernzugriff über einen Computer mit entsprechender Datenerfassungs- bzw. Fernsteuerungssoftware.

- Einer dieser Ports ist der (optionellen) Kommunikation mit anderen Sensoren vorbehalten.

Detaillierte Hinweise zur Konfiguration der seriellen Schnittstelle enthält Kapitel 5, Betrieb. Abb. 2.15 zeigt die Stiftbelegung.



2	Tx, Daten senden
3	Rx, Daten empfangen
5	GND, Digital-Masse

Abb. 2.15. Serielle Schnittstelle.

Um das SM200 direkt mit dem RS232-Standardport eines PCs oder Datenprotokolliergeräts zu verbinden, muss ein Nullmodem-Kabel verwendet werden (siehe Abb. 2.16, links). Das SM200 unterstützt kein Hardware-Handshaking.

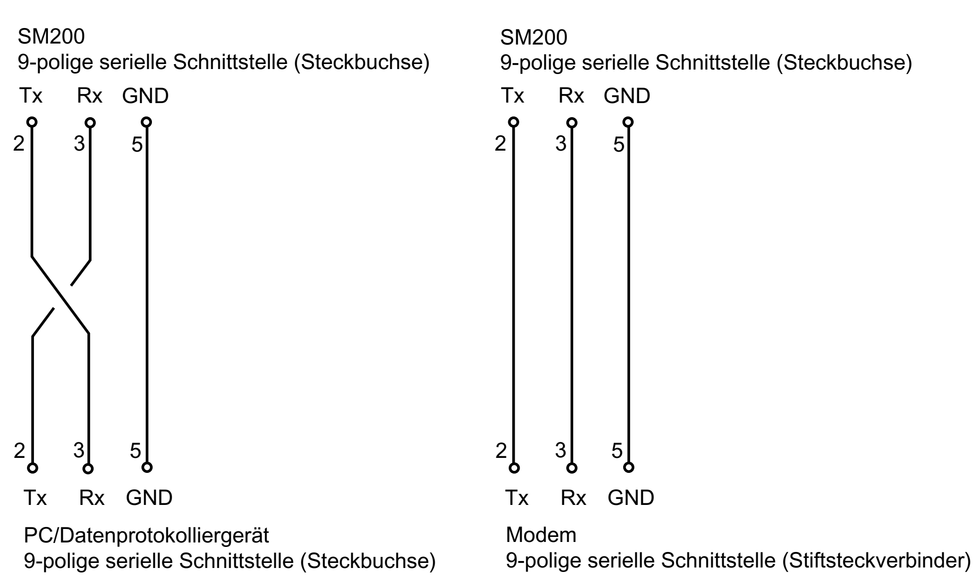


Abb. 2.16. Kabel zur Verbindung des SM200 mit einem PC/Datenprotokolliergerät (links) oder mit einem modem (rechts).

Zum direkten Anschluss eines Modems muss dagegen ein reguläres serielles Kabel verwendet werden, da das SM200 selbst als DCE-System konfiguriert ist (siehe Abb. 2.16, rechts).

Das SM200-Kommunikationsprotokoll ist auf Wunsch von Opsis erhältlich.

Qualitätssicherung und Qualitätslenkung 3

Ein wichtiges Leistungsmerkmal des SM200-Systems sind die umfassenden Qualitätssicherungs- und Qualitätslenkungsfunktionen, die das Gerät automatisch bzw. auf Anforderung des Bedieners durchführten kann. Diese Prüfungen dienen der Funktionskontrolle des Geräts und gewährleisten so die Richtigkeit der Messergebnisse.

Bei richtiger Nutzung der Qualitätssicherungsparameter können die Ergebnisse dieser Kontrollen auch als "Frühwarnsignal" dienen, d.h. auf Wartungsbedarf hinweisen. Im Falle einer Störung am Gerät sind sie zudem zur Ermittlung der Ursache verwendbar.

Im vorliegenden Kapitel werden die Qualitätssicherungs- und Qualitätslenkungsfunktionen (QS/QL-Funktionen) des SM200-Systems detailliert beschrieben. Diese Beschreibung bezieht sich ausschließlich auf das Schwebstaub-Immissionsgerät. Die Unterschiede in den QS/QL-Funktionen zu den übrigen SM200-Modellen sind minimal.

Die Darstellung in diesem Kapitel entspricht im Wesentlichen den Gutachten "PM10-Feldprüfungen" des CNR-IIA (Rom) sowie des deutschen Umweltbundesamts (Berlin) und der JRC ERLAP (ISPRA, Italien).

3.1 Übersicht über die QS/QL-Funktionen

Abb. 3.1 verdeutlicht die QS/QL-Funktionen des SM200-Systems in Form eines Blockdiagramms.

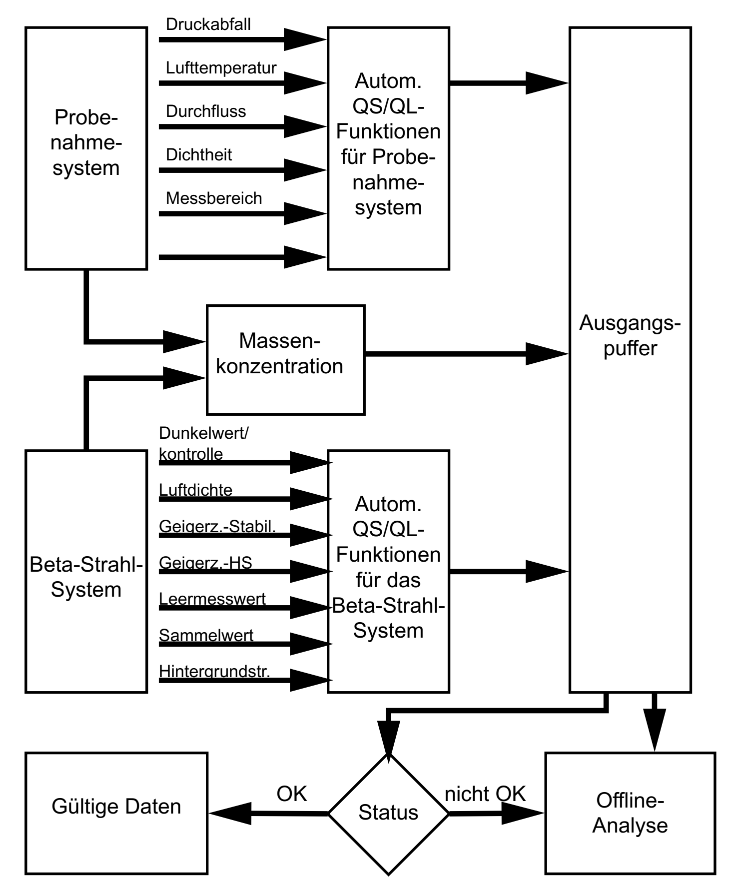


Abb. 3.1. Logik-Blockdiagramm der QS/QL-Funktionen des SM200.

Die QS/QL-Funktionen müssen höchst genaue und präzise Daten liefern. Erreicht wird dies durch den Einsatz umfassender QS/QL-Abläufe, die sich sowohl auf die Probenahme als auch auf das Betastrahlen-Messsystem beziehen.

3.2 Probenahmesystem

Abb. 3.2 zeigt ein Prinzipdiagramm des Probenahmesystems. Dieses wird durch folgende Funktionen überwacht:

- Kontrolle der Lufttemperatur am Sammelpunkt
- Dynamische Online-Dichtheitsprüfung (Druckabfall an Membran)
- Online-Durchflussstabilitätsprüfung
- Periodische Durchfluss-Genauigkeitsprüfungen
- Periodische statische Dichtheitsprüfungen

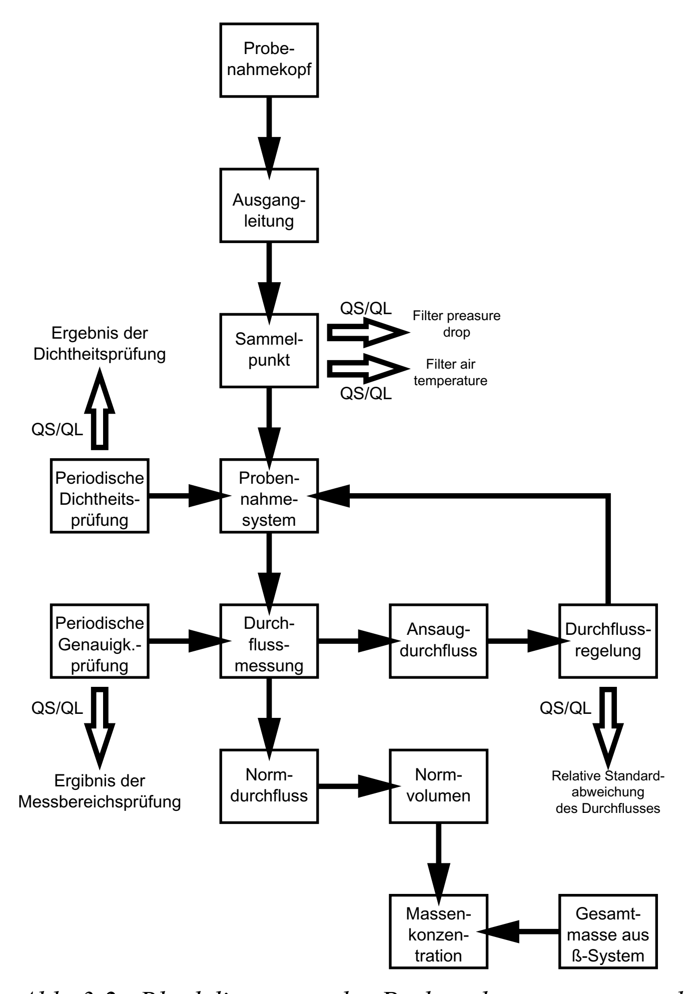


Abb. 3.2. Blockdiagramm des Probenahmesystems – vgl. Abb. 3.1 .

3.2.1 Detaillierter Aufbau des Probenahme-systems

Kern des SM200-Probenahmesystems ist eine luftdicht abgeschlossene Membranpumpe. Für die Echtzeit-Durchflussregelung sorgt ein Schrittmotor, der das Regelungs-Nadelventil verstellt. Die Umschaltung des Pneumatikkreises zwischen normalem Probenahmebetrieb, Messbereichsprüfung (Durchflusskontrolle) und Dichtheitsprüfung wird über drei Schaltventile (EIN/AUS) vorgenommen.

Die Ermittlung des Durchflusses erfolgt anhand des Druckabfalls an einer der Pumpe nachgeschalteten Messblende. An dieser Stelle ist eine besonders stabile Druckabfallmessung gewährleistet. Aus dem Druckabfall sowie dem Absolutdruck und der Temperatur in der Messkammer ergibt sich der Massenstrom.

Die Kontrolle des Durchflusses ist durch Freigabe des integrierten Referenzkreises (Kontrollblende) möglich.

Abb. 3.3 zeigt den Aufbau des Probenahmesystems mit seinen Messpunkten.

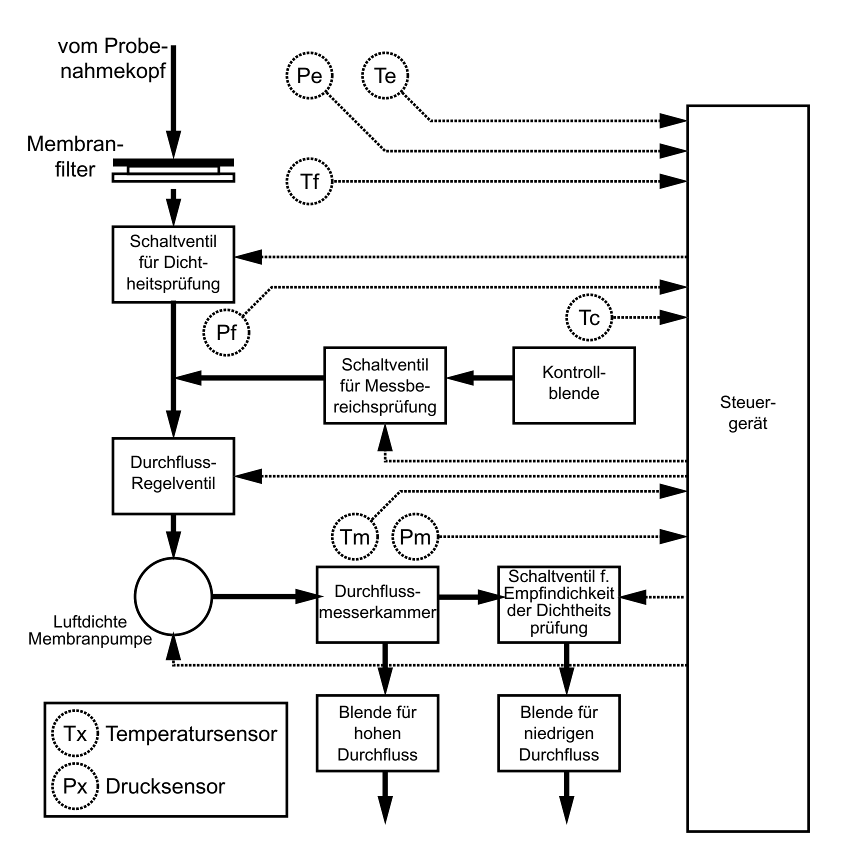


Abb. 3.3. Probenahmesystem.

3.2.2 Lufttemperatur

Temperaturunterschiede zwischen der Lufttemperatur am Probenahmekopf und derjenigen am Filter können einen Verlust flüchtiger chemischer Verbindungen zur Folge haben. Die Leitung, über die die Probe zum Filter gelangt, sollte daher auf Umgebungstemperatur gehalten werden, um die Temperaturdifferenz zwischen Filter und Umgebungsluft möglichst gering zu halten. Abb. 2.6 in Kapitel 2, Hardware-Beschreibung zeigt einige Beispiele für Ansaugleitungs- Konstruktionen, die diesen Temperaturunterschied minimieren.

Um den Verlust an flüchtigen Verbindungen kalkulierbar zu machen, werden sowohl die Außentemperatur (Te) als auch die Filtertemperatur im Gerät gespeichert und sind von dort abrufbar, u.a. auch zur Offline-Analyse.

3.2.3 Filter-Differenzdruck

Der Druckabfall am Filter liefert Informationen über die Probenahmebedingungen, so z.B.

- Filterschäden
- Nicht optimale Filteranordnung in der Ansaugleitung

- Nachweis identischer Massenströme an Einlass, Filter und Messpunkt.

Das Gerät misst den Druckabfall am Filter (Pe - Pf) sowohl vor als auch nach der Probenahme. Ein etwaiger Unterschied liefert Hinweise auf die Eignung des verwendeten Filtertyps für die herrschende Schwebstaublast und Feuchte.

Ausgangs- und Enddruckdifferenz am Filter werden zur späteren Analyse im Gerät gespeichert. Es ist auch ein Grenzwert für den maximalen Differenzdruck einstellbar; das Gerät liefert in diesem Fall einen Echtzeit-Statusalarm bei Überschreitung dieses Grenzwerts.

Der Druckabfall am Filter sollte relativ konstant bleiben – bei Verwendung desselben Filtertyps und Probenahmeverfahrens sowie ungefähr gleichbleibender Staubkonzentrationen dürften die Veränderung nur wenige kPa betragen. Abweichungen, die nicht durch die o.g. Faktoren erklärbar sind, weisen auf eine Störung in der Ansaugleitung in.

3.2.4 Relative Standardabweichung des Durchflusses

Der Durchfluss ist eine Funktion des Druckabfalls an der Blende für hohen Durchfluss (Pm - Pe) sowie der Temperatur in der Messkammer (Tm). Veränderungen der Außentemperatur und des Drucks (Te, Pe) sowie der Filterlast machen einen ständigen Vergleich von Soll- und Istwert des Volumenstroms sowie entsprechende Anpassungen über das Regelventil erforderlich.

Die Abweichung des Durchfluss-Istwerts vom Sollwert während der Probenahme wird als eine relative Standardabweichung ausgedrückt. Diese wird zusammen mit weiteren Daten zur späteren Auswertung und Analyse im Gerät gespeichert.

Der Wert der relativen Standardabweichung sollte im Normalfall höchstens einige wenige Prozent betragen. Ein höherer Wert weist auf eine Störung im Pneumatiksystem hin, die schnellstmöglich behoben werden sollte.

3.2.5 Überprüfung der Durchflusskalibrierung

Die Durchfluss-Kalibrierung wird kontrolliert, indem der normale Lufteinlass kurzfristig geschlossen und stattdessen Luft von dem Kalibrierungseinlass in das System gepumpt wird. Dieser Kalibrierungs-Volumenstrom ist aufgrund einer Kontrollblende, die vor dem Messbereichs-Prüfventil angeordnet ist, genau bekannt. Die Bedingungen an dieser Blende werden kritisch, wenn der Systemdruck Pf weit genug absinkt, was bei

$$Pf < 0.45\ Pe$$

der Fall ist. Bei diesem Druck wird der Durchfluss konstant, d.h. er beträgt stabil 15 l/min. Der exakte Durchflusswert hängt von der Temperatur Tc ab. Der bei der Prüfung gemessene Durchfluss wird mit dem werksseitigen Kalibrierungswert verglichen. Aus diesem

Vergleich ergibt sich eine prozentuale Abweichung vom Durchfluss-Kalibrierungswert, der im Regelfall deutlich unter einigen wenigen Prozenten liegen sollte. Überschreitet die Differenz einen Wert von ±3 %, gibt das Gerät einen Statusalarm aus.

Die Überprüfung der Durchflusskalibrierung lässt sich – zusammen mit der Dichtheitsprüfung – manuell oder in periodischen Abständen (zwischen den Messzyklen) automatisch durchführen.

3.2.6 Dichtheitsprüfung

Die Dichtheitsprüfung ist mit der Messbereichsprüfung verknüpft. Sie besteht darin, dass sämtliche Einlassventile geschlossen und das pneumatische System mit Hilfe der Pumpe bis an deren Leistungsgrenze evakuiert wird.

Als Ergebnis der Prüfung erhält man einen inneren Restdruck Pf sowie einen Leckstrom (Pm - Pe) im unteren Durchflussbereich. Beide Werte sollten zwischen den einzelnen Prüfungen relativ konstant bleiben. Der Restdruck beträgt in der Regel 10 – 15 kPa; der Grenzwert, bei dem ein Status-Alarm ausgegeben wird, beträgt 25 kPa.

Das Ansteigen eines der beiden Ergebnisparameter weist auf nachlassende Pumpenleistung (evtl. Wartung erforderlich) oder auf eine Undichtigkeit im internen Pneumatik-Kreis des Geräts hin.

3.3 Betastrahlungs-Absorptionsmesskreis

Das Betastrahlungs-Absorptionsmessystem umfasst die Betastrahlungs-Quelle, das Geiger- Müller-Zählrohr sowie die dazugehörigen Nebenkomponenten. Ein Blockdiagramm des Funktionsprinzips unter Bezugnahme auf die entsprechenden QS/QL-Funktionen zeigt Abb. 3.4.

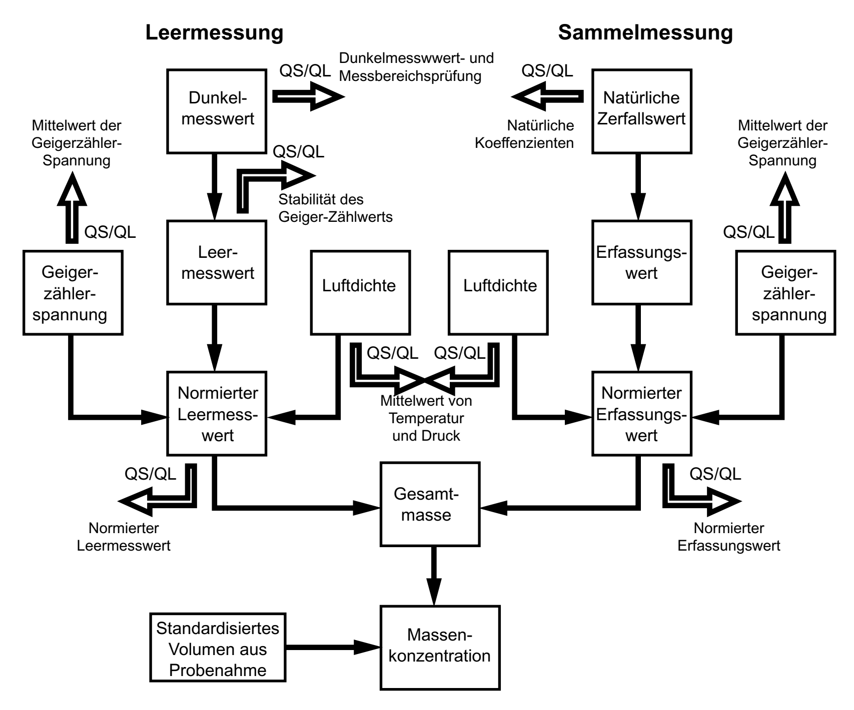


Abb. 3.4. Blockdiagramm des Betastrahlungs-Systems – vgl. Abb. 3.1.

Das Betastrahlungs-Messystem zeichnet sich durch folgende QS/QL-Funktionen aus:

- Automatische Prüfung der Ansprechgenauigkeit des Absorptionsmesskreises
- Online-Prüfung der Stabilität der Geigerzähler-Hochspannung
- Online-Prüfung der Stabilität des Geigerzähler-Signals
- Online-Prüfung des Dunkelzählwerts
- Korrektur um den Einfluss natürlicher Radioaktivität
- Online-Luftdichtekorrektur

3.3.1 Detaillierter Aufbau des Absorptions-messsystems

Die Staubmassen-Messung des SM200 basiert auf den physikalischen Gesetzen der Abschwächung von Beta-Strahlen beim Durchgang durch Materie. Je dicker die Materieschicht, desto stärker wird die Strahlung abgeschwächt. Kennt man den Absorptions-koeffizienten der Materie sowie deren Fläche, lässt sich auch ihre Gesamtmasse berechnen.

Die Präzision der Massenermittlung wird durch die Statistik des Beta-Zerfalls bestimmt, d.h. es besteht eine eindeutige Abhängigkeit von der Messdauer. Daneben sind für diese Präzision aber auch noch folgende Faktoren bestimmend:

- Schwankungen der Luftdichte zwischen Betastrahlungsquelle und Detektor
- Natürliche Radioaktivität der erfassten Partikel

- Wirkungsgrad und Stabilität des zur Erfassung der Betastrahlen verwendeten Geiger-zählers

Abb. 3.5 zeigt den Aufbau des Betastrahlungs-Absorptionsmesssystems im Detail.

- Intern gekapselte, schwache ^{14}C-Betastrahlungsquelle
- Blende zur Abdeckung der Strahlungsquelle.
- Filter-Positionierungsmechanik (Karussell)
- Geiger-Müller-Betastrahlungs-Zählrohr (“Geigerzähler“) mit stabilisierter Hochspan-nungsvesorgung. Der Geigerzähler liefert Zählwerte, die der erfassten Betastrahlung entsprechen.
- Lokale Temperatur- und Absolutdruck-Sensoren

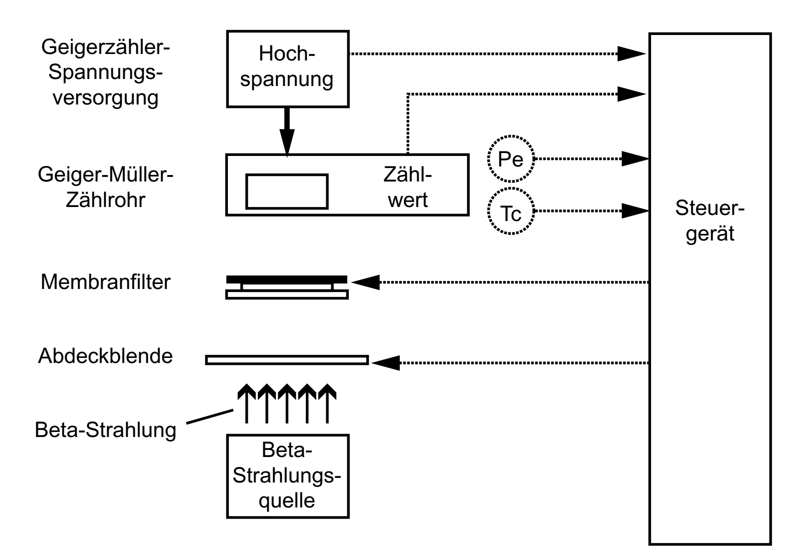


Abb. 3.5. Aufbau des Betastrahlungs-Systems.

Die Leistung des Absorptionsmesssystems bei der Ermittlung der auf dem Filter abgeschiedenen Masse wurde durch folgende Maßnahmen optimiert:

- Optimierung der Messgeometrie zwecks weitestmöglicher Verringerung der eingesaugten Luft-Gesamtmasse
- Verwendung einer Präzisionsmechanik mit optischen Sensoren zur Steuerung und Überwachung der Karussell-Position, dadurch Minimierung von Zählwert-Schwankungen durch ungenaue Positionierung des Filters innerhalb der Geometrie des Absorptionsmesskreises
- Berücksichtigung der Dichte des zwischen Strahlenquelle und Detektor vorhandenen (geringen) Luftvolumens durch Aufzeichnung des lokalen Temperatur- und Druckwerts
- Kontinuierliche Überwachung der Versorgungsspannung, die das Ansprechverhalten des Geiger-Müller-Zählrohrs entscheidend beeinflusst.

Insgesamt lassen sich so normierte Beta-Zählwerte gewinnen, wodurch sich die Genauigkeit der Massenermittlung erhöht.

3.3.2 Messbereichsprüfung des Absorptionsmesssystems

Um das Massen-Ansprechverhalten des Betastrahlungskreises zu prüfen, werden kurzzeitig zwei Referenzblenden von unterschiedlichen Durchmesser zwischen die Betastrahlungsquelle und den Detektor eingefügt. Werksseitig wird das Ansprechverhalten des Detektors unter Einfügung beider Blenden protokolliert. Dieses Protokoll liefert die Referenzwerte, mit denen die entsprechenden Ergebnisse aus der Messbereichsprüfung des Betastrahlungs-systems verglichen werden. Ergebnis ist eine prozentuale Differenz, die möglichst klein sein sollte.

In der Regel ergibt die Messbereichsprüfung des Betastrahlungssystems eine Abweichung von höchstens etwa 1%. Eine Status-Alarmmeldung wird hier bei ±3 % ausgegeben. Eine Zunahme der Abweichung vom Sollwert weist auf eine Störung in der Betastrahlungsquelle, der Karussellmechanik oder des Geigerzählers hin.

3.3.3 Hochspannungsversorgung des Geiger-Müller-Zählrohrs

Wirkungsgrad und Stabilität des Geigerzählers sind in hohem Maße von dessen Speisespannung abhängig. Diese beträgt in der Regel etwa 600 V_{DC}. Im normalen Betrieb wird die Spannung des Geigerzählers in Echtzeit überwacht und genau geregelt. Bei Ende der Messung wird der Mittelwert der Spannung ermittelt, um die Stabilität des Systems zu kontrollieren und die Zählwerte des Betastrahlungs-Systems bezüglich eines Hochspannungswerts zu normieren. Die verbleibende relative Abweichung der Zählwerte wird so auf einen Wert im Bereich bis 10^{-4} minimiert.

Die protokollierte Geigerzähler-Spannung sollte extrem stabil bleiben, d.h. um weniger als 1 V schwanken. Höhere Schwankungen der Geigerzähler-Spannung weist auf eine Störung im Hochspannungsnetzteil und/oder dem Regelkreis hin.

3.3.4 Stabilität des Geiger-Müller-Zählrohrs

Die vom Geigerzähler bei den Leermessungen gelieferten Zählwerte werden zur statistischen Beurteilung der Geigerzähler-Stabilität protokolliert. Unter Normalbedingungen sollten die Zählwerte dem Poisson'schen Verteilungsgesetz folgen. Abweichungen von diesem Verhalten werden aufgezeichnet und lösen einen Systemstatus-Alarm aus.

Der Absolutwert der Leerzählung richtet sich nach der Massendicke des sauberen Filters. Bei Verwendung von Filtern aus einer anderen Charge ist eine Sprungänderung des Leerzählwerts möglich.

3.3.5 Dunkelzählwert

Bei der Protokollierung der Geigerzähler-Hintergrundstrahlung wird die Abdeckblende zwischen Strahlungsquelle und Zählrohr positioniert. Alle Filter werden aus der Sichtlinie entfernt. Der in diesem Zustand gewonnene Messwert ist allein durch das Zählrohr bedingt und liefert die Nullwert-Verschiebung für alle übrigen Beta-Messungen.

Die Zählwerte der einzelnen Dunkelmessungen werden gespeichert und mit dem zulässigen Grenzwert verglichen. Der Wert sollte zwischen 10 und 100 Zählern pro Minute liegen. Im Falle einer Störung wird das Statusalarm-Signal gesetzt.

Der Dunkelzählwert muss über lange Zeit unverändert bleiben (Schwankungen sollten im Bereich von ± 10 Zählern liegen). Ursache einer allmählichen Abweichung ist zumeist der Anfang einer Störung des Geigerzählers; das Zählrohr muss in diesem Fall erneuert werden.

Der Absolutwert des Dunkelmesswerts hängt vom jeweiligen Zählrohr ab und kann zwischen den einzelnen Geigerzählern (auch erheblich!) variieren. In jedem Fall sollte der Wert jedoch zwischen 10 und 100 Zählern pro Minute liegen.

3.3.6 Kompensation der natürlichen Strahlung

Kurzlebige Radon-Töchter in der Probe bewirken bei der Absorptionsmessung ein positives Artefakt (das allerdings beim reinen Staubsammelgerät die Messgröße darstellt). Vor der eigentlichen Absorptionsmessung wird die natürliche Strahlung des Staubs mit abgedeckter Betastrahlungs-Quelle gemessen. Anschließend wird eine quantitative Korrektur der Beta- Intensität durchgeführt, um die tatsächliche Absorption zu ermitteln.

Die relative Restschwankung der Beta-Intensität liegt nach dieser Korrektur nur noch in der Größenordnung von 10^{-4}.

3.3.7 Luftdichtekorrektur

Auch die Luft, die sich zwischen Strahlungsquelle und Detektor befindet, absorbiert Beta-Strahlung. Der Grade dieser Abschwächung hängt von der Luftdichte ab. Die Veränderung ist zwar in der Regel klein, aber dennoch nachweisbar. Um sie zu kompensieren, werden Temperatur und Druck am Beta-System erfasst und die Strahlungsintensität auf eine Luftdichte bei 40 °C und 101.3 kPa normiert. Die verbleibende relative Intensitätsschwankung liegt wiederum in der Größenordnung von 10^{-4}.

3.4 Kontrolle des Geräteansprechverhaltens

Trotz der zahlreichen Maßnahmen, die unternommen wurden, um ein verlässliches Messergebnis zu erzielen, sind Schwächen in der Nachweiskette doch nie völlig ausschließbar. Es sollte daher von der Möglichkeit Gebrauch gemacht werden, manuelle gravimetrische Bestimmungen des erfassten Staubs vorzunehmen.

Der Luftdurchfluss durch das Gerät kann vom Anwender durch ein extern angeordnetes Präzisions-Durchflussreferenzsystem kontrolliert werden.

Montage 4

Erster Schritt zu einem einwandfrei funktionierendem System ist eine sachgemäße Montage. Montagefehler erhöhen die Gefahr minderwertiger Messergebnisse und machen häufigere Wartungseingriffe erforderlich. In diesem Kapitel werden Hinweise zur Montage gegeben. Beschrieben werden die Vorbereitung des Montageorts, der Zusammenbau des Systems, die Handhabung der Filter sowie die Erstinbetriebnahme.

4.1 Checkliste zum Lieferumfang

Zum Lieferumgang des SM200-Systems gehören folgende Positionen:

- Vollständiges Probenahme- und Messmodul
- Pumpenmodul
- Netzanschlusskabel für das Probenahmemodul
- Externer Temperatursensor mit 5 m Kabel
- Luftschläuche (2 Stck.) zum Anschluss der Pumpe an das Probenahmemodul
- Netzkabel zur Verbindung von Probenahme- und Pumpenmodul
- Filtermagazine (2 Stck.)
- Filterträger (40 Stck.)
- Ansaugleitung, Länge 1,5 m (bzw. gemäß Sonderbestellung)
- Prüfprotokoll
- Vorliegendes Handbuch.

Zudem wird in der Regel folgendes Zubehör mitgeliefert:

- Probenahmekopf TSP, PM10, PM2.5 oder gemäß Bestellung
- Dokumentation zum Probenahmekopf
- Probenahmefilter (Anzahl, Feinheit und Material).

Zusätzliche Filter, Filterträger usw. sind als Ersatzteile von Ihrer OPSIS-Vertretung zu beziehen. Auch Wartungssätze für das Pumpenmodul sind dort erhältlich (siehe Kapitel 6, Wartung und Instandhaltung).

Bei der SM200-Ausführung als Schwebstaub-Immissionsmeßgerät kann es aufgrund gesetzlicher Vorschriften erforderlich werden, die Betastrahlungs-Quelle separat zu liefern. Nähere Hinweise hierzu enthält Kapitel 4.5.

***Hinweis**: Die Probenahme-Filter sind in jedem Fall separat zu bestellen, da die benötigte Filterfeinheit sowie Anzahl und Material anwendungsbedingt verschieden sind.*

4.2 Vorbereitung des Montageorts

Die Aufstellung der Probenahme- und Pumpenmodule des SM200-Systems muss in einem geschlossenen Raum erfolgen – der Probenahmekopf ist dagegen im Freien anzuordnen. Da die Ansaugleitung senkrecht zu verlaufen hat, muss das Probenahmemodul unmittelbar unter dem Probenahmekopf installiert werden.

Im Einzelnen sind am Montageort folgende Vorbereitungsmaßnahmen erforderlich:

- Die zur Unterbringung des Probenahme- und Pumpenmoduls vorgesehene Räumlichkeit (Kabine, Container) muss eine Temperatur von 5 - 40 °C bei einer relativen Feuchte von max. 80 % aufweisen. Es empfiehlt sich, mittels Heizung bzw. Klimatisierung für normale Innenraumbedingungen (ca. 20 °C) zu sorgen.
- Die Umgebung des Geräts muss sauber und aufgeräumt sein. Die Module selbst dürfen nicht in einer stark staubbelasteten Umgebung betrieben werden. Im Extremfall muss der Container mit leichtem Überdruck beaufschlagt werden, um dem Eindringen von Schwebstaub vorzubeugen.
- Probenahme- und Pumpenmodul müssen horizontal aufgestellt werden. Jeder Versuch, eine andere Einbaulage zu verwenden, muss unterbleiben.
- Zur Aufstellung des Probenahmemoduls ist ein ebener Tisch zu verwenden. Um eine Überhitzung des Geräts und angrenzender Einrichtungen zu verhindern, sind rund um das Probenahme- und Pumpenmodul allseits 20 cm freizulassen.
- Die Netzversorgung für die Module muss 230 V_{AC} (±10 %) / 6A bei 50/60 Hz liefern. Die Nennleistungsaufnahme beider Module beträgt 800 W. Für die Konditionierung der Ansaugluft kann je nach gewählter Lösung (siehe Kapitel 2.2 zusätzliche Leistung erforderlich werden
- Das Pumpenmodul hat ein deutliches Betriebsgeräusch. In der Regel sollte dieses Modul daher nicht in einem Raum untergebracht werden, in dem sich Personen über längere Zeiträume aufhalten.
- Es muss eine Dachöffnung exakt über dem Standort des Probenahmemoduls zur Durchführung der Ansaugleitung vorhanden sein. Der Durchmesser der Ansaugleitung beträgt normalerweise 18 mm. Die Durchführung ist in jedem Fall wasserdicht auszuführen, wobei mittels geeigneter Vorrichtungen (z.B. Faltenbalg o. dgl.) dafür zu sorgen ist, dass die Leitung beweglich bleibt. Um Problemen durch Kondenswasserbildung vorzubeugen, ist darauf zu achten, dass eine etwa vorhandene Dachisolation nicht beschädigt wird.

- Wenn das System mit einem Temperaturstabilisator TS200 ausgestattet werden soll, muss die Dachöffnung einen Durchmesser von 80-90 mm aufweisen. Zur Montage des Dach- und Deckenflansches sind M10-Schrauben entsprechender Länge zu verwenden (nicht im Lieferumfang enthalten). Die Schrauben sind mit Silikon abzudichten. Siehe hierzu auch die Montageskizze, die zum TS200 mitgeliefert wird.
- In unmittelbarer Nähe des Probenahmekopfs ist ein Außentemperatursensor zu montieren. Die Durchführung des Sensor-Anschlusskabels ins Freie ist vorzusehen. Der Temperaturstabilisator TS200 ist mit einem Befestigungselement für einen Temperatursensor ausgestattet.

***Hinweis**: Der Temperatursensor muss an einem gut be- bzw. entlüfteten, schattigen Ort montiert werden. Die Temperatur an diesem Sensor-Montageort muss jedoch der Temperatur der angesaugten Luft entsprechen. Zweck des Sensors ist die Regelung des Luftzustroms entsprechend den technischen Daten des Probenahmekopfes.*

- Sofern der Wunsch besteht, die Abluft des Probenahmemoduls ins Freie abzuführen, ist hierfür entsprechend Vorsorge zu treffen. Der Luftauslass ist dabei jedoch in möglichst großer Entfernung zum Probenahmekopf anzuordnen.

4.3 Entnahme aus der Verpackung

Nach sorgfältiger Öffnung der Transportverpackung ist das Verpackungsmaterial zu entfernen. Sodann sollte eine Kontrolle des Lieferumfangs anhand der Checkliste in Kapitel 4.1 durchgeführt werden. Dabei ist auch zu kontrollieren, dass im Inneren der einzelnen Module und Komponenten kein Verpackungsmaterial mehr vorhanden ist.

***Hinweis**: Bewahren Sie die Originalverpackung sowie das Verpackungsmaterial zur späteren Wiederverwendung auf!*

Das Pumpenmodul ist mit eine Transportschutzschraube zur Verhütung von Transportschäden gesichert. Es handelt sich um eine Schraube M10x40 im Boden des Moduls. Diese muss vor der Installation und Inbetriebnahme des Moduls entfernt werden.

***Achtung**: Vergewissern Sie sich unbedingt vor Inbetriebnahme der Pumpe, dass die Schraube entfernt wurde, da das Gerät sonst Schaden nehmen könnte.*

***Hinweis**: Bewahren Sie die Schraube zur späteren Wiederverwendung auf. Vor jedem Transport der Pumpe muss diese Transportsicherung wieder montiert werden.*

Prägen Sie sich ein, wie die einzelnen Teile des Lieferumfangs verpackt waren, damit sie die Geräte sachgemäß wieder verpacken können, wenn diese später erneut transportiert werden müssen.

Zum Transport des Probenahmemoduls an seinen Aufstellort sind die seitlichen Griffe zu verwenden, siehe Abb. 4.1.

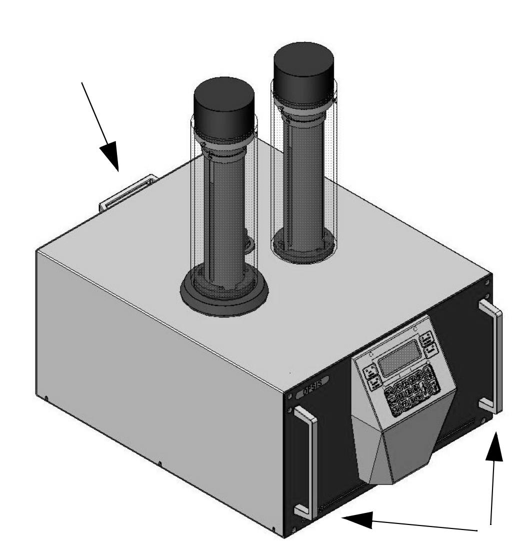


Abb. 4.1. Traggriffe

***Achtung**: Vermeiden Sie unbedingt, dass Fremdkörper durch die Gehäuseöffnungen an der Oberseite des Pumpenmoduls eindringen (siehe Abb. 4.1). Verschließen Sie diese Öffnungen auf jeden Fall bis zum Anschluss des Ansaugrohrs und des Filtermagazins.*

4.4 Probenahme- und Pumpenmodule

Abb. 4.2 verdeutlicht den Anschluss der Luftleitungen, Netzkabel und Sensoren am Probenahme- und Pumpenmodul. Das Schema zeigt auch die Einbauweise von Ansaugrohr und Filtermagazinen – auf diese wird jedoch in Kapitel 4.6 und Kapitel 4.7 näher eingegangen.

Zum Anschluss der Module ist wie folgt vorzugehen:

- Verbinden Sie den Luftauslass (Air OUT) des Probenahmemoduls mit dem Lufteinlass (Air IN) des Pumpenmoduls.
- Verbinden Sie den Luftauslass (Air OUT) des Pumpenmoduls mit dem Lufteinlass (Air IN) des Probenahmemoduls.

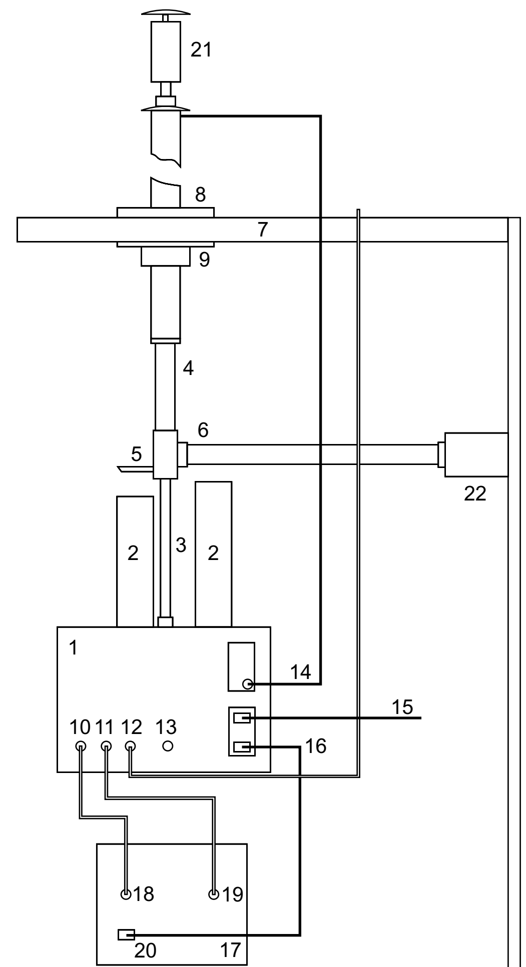
Die beiden Schläuche weisen unterschiedliche Abmessungen auf.

- Schließen Sie, falls gewünscht, eine Abluftleitung am Anschluss Exhaust des Probenahmemoduls an und führen Sie diese zu einem geeigneten Punkt im Freien.
- Verbinden Sie den Betriebspannungsausgang (AC out) des Probenahmemoduls mit dem Betriebspannungseingang (AC in) des Pumpenmoduls.
- Verlegen Sie den externen Temperatursensor zu einem Punkt im Freien (möglichst nah am Probenahmekopf). Erforderlichenfalls muss der Sensor im Schatten oder mit einem Sonnenschutz montiert werden.

- Schließen Sie das Probenahmemodul ans Netz an.

***Hinweis**: Kontrollieren Sie abschließend noch einmal den festen Sitz aller Anschlüsse. Hierzu sollte ein Werkzeug verwendet werden, da manuelle Kraft in der Regel nicht ausreicht.*

***Hinweis**: Schalten Sie System jetzt noch nicht ein. Dies darf erst nach komplettem Abschluss der Installation erfolgen.*



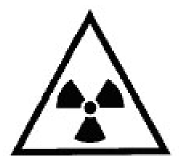
1 Probenahmemodul SM200
2 Filtermagazine
3 Ansaugleitung
4 Temperaturstabilisator TS200
5 TS200-Ablaufschlauch
6 TS200-Zuluftschlauch
7 Dach
8 Dachflansch
9 Deckenflansch
10 Luftauslass, SM200
11 Lufteinlass, SM200
12 Abluft-Anschluss
13 Messbereichsprüfung
14 Externe Temperatursonde
15 Netz
16 Netzausgang, SM200
17 Pumpenmodul
18 Lufteinlass, Pumpenmodul
19 Luftauslass, Pumpenmodul
20 Netzeingang, Pumpenmodul
21 Probenahmekopf
22 Gebläse (wandmontiert)

Abb. 4.2. Aufbau des SM200-Systems.

4.5 Montage der Betastrahlungsquelle

Die Betastrahlungsquelle wird evtl. separat vom restlichen Lieferumfang transportiert und geliefert. Hierfür können gesetzliche, aber auch andere Gründe maßgeblich sein. In jedem

Fall muss die Betastrahlungsquelle im Probenahmemodul montiert werden, bevor das Gerät verwendet werden kann.



***Achtung**: Die nachstehenden Hinweise sind sorgfältig zu beachten, um jeden Austritt von Betastrahlung aus dem Transportbehälter bzw. dem Probenahmemodul zu verhindern. Setzen Sie sich in keinem Fall selbst der Betastrahlung aus.*

Die nachfolgenden Hinweise beziehen sich auf den Zustand des Systems nach erfolgter Montage der Betastrahlungsquelle im Probenahmemodul.

Außerhalb des Geräts wird die Betastrahlungsquelle in einem speziellen Transportbehälter (siehe Abb. 4.3) aufbewahrt. Solange sie sich in diesem Behälter befindet, ist ein Entweichen von Betastrahlung unmöglich.



Abb. 4.3. Transportbehälter der Betastrahlungsquelle.

Zum Einbau der Betastrahlungsquelle in das Probenahmemodul ist wie folgt vorzugehen:

1. Vergewissern Sie sich, dass das Modul nicht spannungsführend ist und sein Netzkabel nicht angeschlossen ist.
2. Setzen Sie den Transportbehälter vor der noch leeren Einbauöffnung in der Frontseite des Geräts ab (siehe Abb. 4.4).

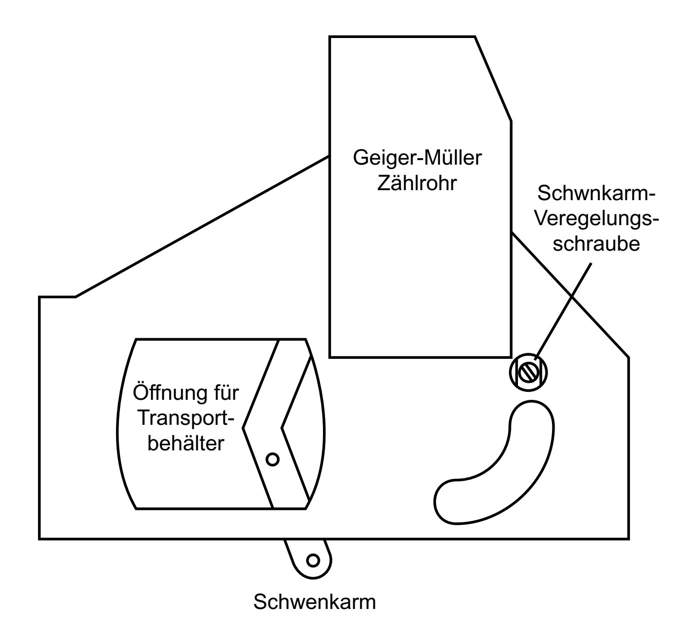


Abb. 4.4. Schwenkvorrichtung in gesperrtem Zustand (Transportbehälter nicht eingelegt).

3. Die Betastrahlungsquelle wird mittels einer Schwenkvorrichtung aus dem Transport-behälter in ihre normale Betriebsposition unterhalb des Geigerzählrohrs bewegt. Zur Fixierung dieser Schwenkvorrichtung dient eine Verrigelungsschraube, die sich (von vorn betrachtet) rechts im Gerät befindet. Drehen Sie diese Verriegelungsschraube komplett heraus und bewegen Sie den Schwenkarm entgegen dem Uhrzeigersinn, wie in Abb. 4.5 dargestellt.

4. Die Öffnung in dem Schwenkmechanismus für die Betastrahlungsquelle wird nun sichtbar. Führen Sie den Transportbehälter bis zum Anschlag am Geräterahmen ein, siehe Abb. 4.5.

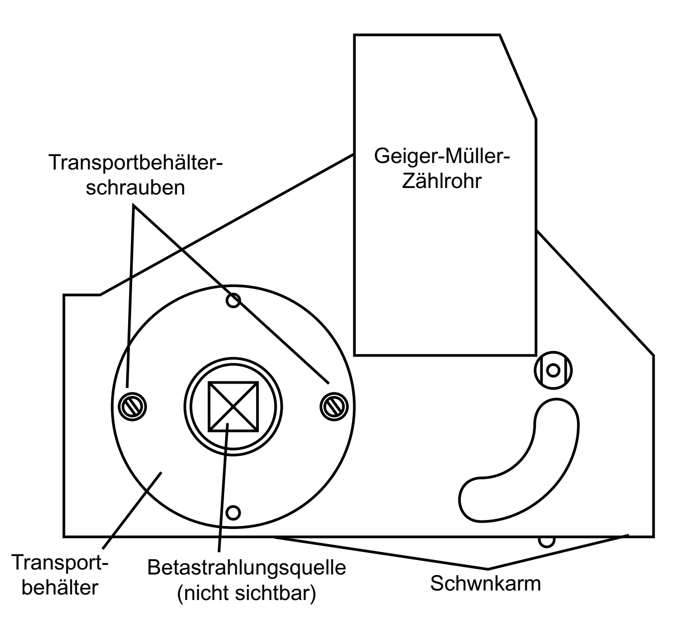


Abb. 4.5. Schwenkvorrichtung in der Stellung zum Einsetzen des Transportbehälters.

5. Schrauben Sie die beiden Transportbehälterschrauben heraus, die in der Draufsicht erkennbar sind. Damit wird der Strahlungsquellenträger aus dem Oberteil des Transportbehälters gelöst.

***Achtung**: Nach dem Lösen der Schrauben darf das Oberteil des Transportbehälters NICHT mehr angehoben werden, da sonst die Strahlungsquelle freiliegen würde.*

6. Schieben Sie den Schwenkarm zurück in seine normale Betriebsstellung. Die Betastrahlungsquelle wird damit aus der Transportbehälter-Position in ihre normale Lage unter dem Geiger-Müller-Zählrohr bewegt.
7. Fixieren Sie den Schwenkmechanismus durch Anziehen der Verriegelungsschraube.
8. Fixieren Sie das Oberteil des Transportbehältes mit zwei Sicherungsschrauben am Geräterahmen. Setzen Sie die beiden Schrauben gegenüberliegend (um 90° versetzt zu den bereits vorhanden Schrauben) ein und ziehen Sie sie fest. Das Oberteil des Transport-behälters muss stets in dieser Stellung bleiben, selbst wenn sich die Strahlungsquelle selbst bereits gefahrlos unterhalb des Zählrohrs befindet. Abb. 4.6 zeigt den endgültigen Montagezustand.

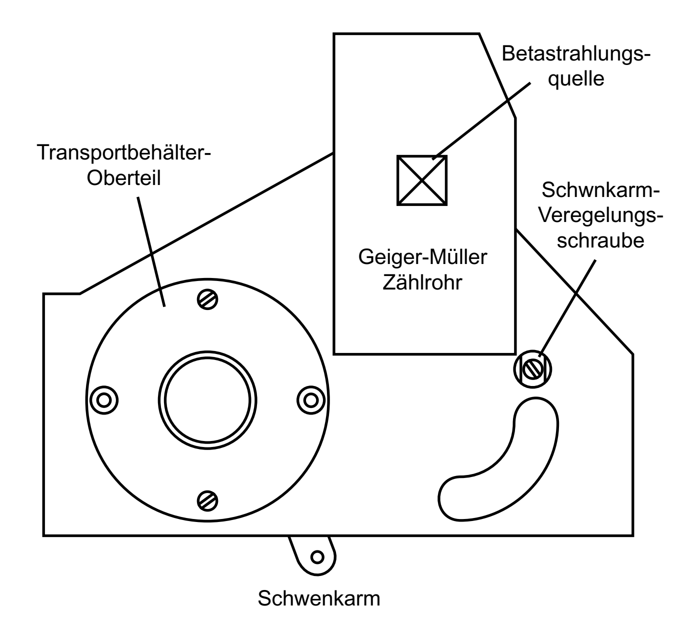


Abb. 4.6. Schwenkvorrichtung wieder in gesicherter Stellung, Transportbehälter fixiert und Strahlungsquelle unter dem Geiger-Zählrohr.

***Achtung**: Achten Sie unbedingt auf festen Sitz der Schwernkarm-Verriegelungsschraube und der Sicherungsschrauben für das Transportbehälter-Oberteil.*

***Achtung**: Es dürften nur die in dieser Anleitung beschriebenen Schrauben gelöst bzw. entfernt werden!*

***Achtung**: Bei Nichtbefolgen dieser Anweisungen besteht die Gefahr, mit der Betastrahlung in Berührung zu kommen!*

Um die Betastrahlungsquelle aus ihrer Betriebsstellung zu entfernen und wieder in den Transportbehälter einzusetzen, ist der obige Ablauf umzukehren.

4.6 Probenahmekopf und Ansaugleitung

Achten Sie darauf, dass sich der Probenluft-Einlass des SM200 direkt unter der Dachöffnung befindet (siehe Kapitel 4.2).

Achtung: Achten Sie darauf, dass bei der Montage keine Fremdkörper ins Innere des SM200-Systems gelangen. Das Gerät könnte sonst dauerhaft beschädigt werden.

4.6.1 Montage mit Temperaturstabilisator TS200

1. Führen Sie das TS200-Aluminiumrohr des zur Montage durch den Flansch. Ziehen Sie die Schrauben des Deckenflansches fest, sobald sich das Rohr in der korrekten Stellung befindet. Der Probenahmekopf sollte in einem Abstand von 1000 mm über Dach montiert werden. Setzen Sie den oberen Flansch über das Aluminiumrohr.
2. Montieren Sie das Kunststoffrohr des TS200. Dieses kann oben nach Bedarf abgelängt werden.
3. Montieren Sie die Abspannseile (zunächst Seilenden am Dachflansch befestigen).
4. Nehmen Sie die Montage des Wandventilators gemäß den Einbauanweisungen vor, die zum Lieferumfang des Ventilators gehören.
5. Führen Sie die Ansaugleitung durch die TS200-Mantelrohre. Ziehen Sie die Ansaugleitung, sobald sie am Einlass des SM200 anliegt, um 1-2 mm nach oben. Fixieren Sie sie in dieser Position durch Anziehen des Zugentlastungsrings.
6. Verbinden Sie den Zuluftschlauch mit dem Ventilator und dem Anschlussfitting der TS200-Ansaugleitung.
7. Verbinden Sie den Ablaufschlauch mit dem Fitting an der TS200-Ansaugleitung.
8. Montieren Sie den Probenahmekopf. Beachten Sie dabei sorgfältig die zum Probenahmekopf gehörigen Montageanweisungen.
9. Befestigen Sie den Außentemperatursensor in dem Fitting nahe dem oberen Lufteinlass. Führen Sie das Anschlusskabel des Sensors durch die TS200-Rohre zum Gerät.

4.6.2 Montage ohne Temperaturstabilisator TS200

1. Führen Sie die Ansaugleitung durch die Dachöffnung. Ziehen Sie die Ansaugleitung, sobald sie am Einlass des SM200 anliegt, um 1-2 mm nach oben. Fixieren Sie sie in dieser Position. Zur Vermeidung kondensatbedingter Probleme sollte die Ansaugleitung isoliert werden. Ziehen Sie im Zweifelsfall einen Opsis-Vertreter hinzu.
2. Der Probenahmekopf kann nun am Ende der Ansaugleitung montiert werden. Zum Lieferumfang des Probenahmekopfes sollte die entsprechende Dokumentation gehören. Beachten Sie diese Anweisungen gewissenhaft.

4.7 Filterträger und Filtermagazine

Filter dürfen im Rahmen des SM200-Systems nur mit Filterträger verwendet werden. Abb. 4.7 zeigt das Einlegen des Filters zwischen den beiden Hälften des Filterträgers. Achten Sie darauf, dass der Filter mittig sitzt und die beiden Hälften einwandfrei zusammengefügt sind.

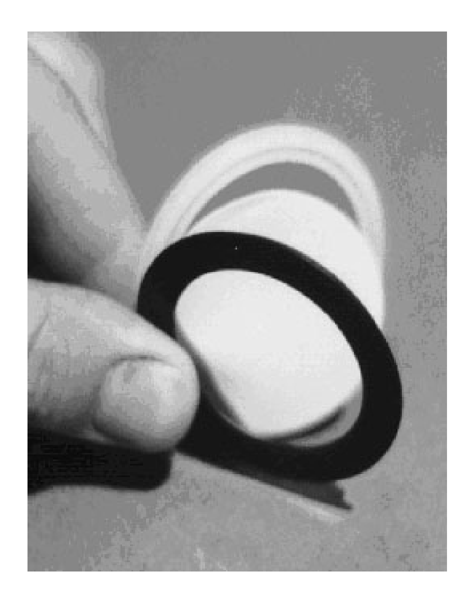


Abb. 4.7. Montage des Filters im Filterträger.

Die Probe durchströmt den Filter von der schwarzen Seite zur weißen Seite. Achten Sie darauf, wenn für die verwendeten Filter eine Durchflussrichtung vorgeschrieben ist. Die Form der Ringe kann unterschiedlich sein – maßgeblich ist allein ihre Farbe.

Wichtiger Hinweis zum SM200-Modell mit 1-Stunden-Messintervall:

Zur Messung stündlicher Mittelwerte muss in jedem Filterträger zusammen mit dem Filter eine Durchfluss-Reduzierblende eingefügt werden. Die Montage dieser Blenden ist in

Abb. 4.8 verdeutlicht. Achten Sie darauf, dass die Reduzierblende stets auf der weißen Seite des Filterträgers eingesetzt wird.

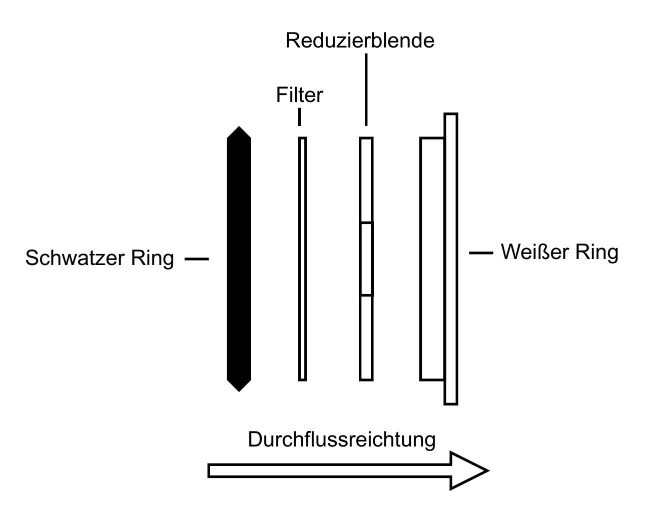


Abb. 4.8. Filterträger mit Durchfluss-Reduzierblende. Diese Blenden sind ausschließlich beim Schwebstaub-Immissionsgerät mit einstündigem Messinterwall zu verwenden. Beim Zusammenbau des Filterträgers ist unbedingt darauf zu achten, dass die Farbringe (schwarz/weiß) in der obigen Reihenfolge – bezogen auf die Durchflussrichtung – montiert werden..

***Hinweis**: Die Durchfluss-Reduzierblenden dürfen nur bei dem Schwebstaub-Immissions-messgerät mit einstündigem Messintervall verwendet werden!*

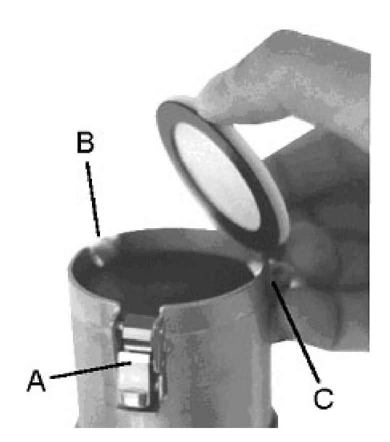


Abb. 4.9. Einlegen der Filter in das Filtermagazin. In dieser Stellung des Magazins muss der weiße Ring des Filterträgers nach oben weisen.

Das Gerät verfügt über zwei röhrenförmige Filtermagazine. Bei Messbeginn muss ein Magazin mit Filtern (in entsprechenden Filterträgern) befüllt, dass andere dagegen leer sein. Das volle Magazin enthält die unbenutzten Filter, die im Laufe des Betriebs nach und nach entnommen werden. In dem anderen Magazin (Ablage-Magazin) werden die bep-robten Filter gesammelt. Wenn das Ablage-Magazin voll wird, muss es entleert und das Reinfilter-Magazin mit neuen Filtern beschickt werden.

Abb. 4.9 zeigt das Einlegen neuer Filter in das Reinfilter-Magazin. Das Magazin wird hierzu auf den Kopf gestellt (durchgehendes Ende nach oben weisend). Die Filtercharge wird durch drei Riegel (A – C in Abb. 4.9) gesichert. Schieben Sie die Filter sorgfältig an den Riegeln vorbei, wobei die weiße Seite des Filterträgers nach oben weisen muss. Das Magazin kann bis zu 40 Filter aufnehmen.

Nach erfolgtem Beschicken des Reinfilter-Magazins kann dieses zusammen mit dem noch leeren Ablagemagazin am Gerät montiert werden. Abb. 4.10 zeigt die Einbauorte der beiden Magazine.

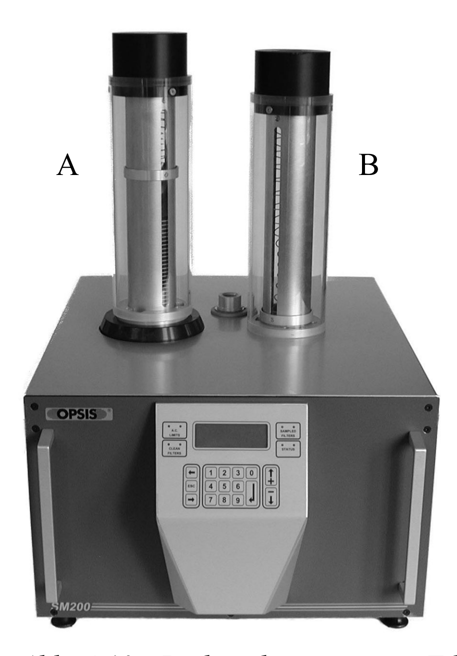


Abb. 4.10. Probenahmegerät mit Filtermagazinen. A = Reinfilter-Magazin, B = Ablage-Magazin.

Setzen Sie jedes Magazin sorgfältig so in das Probenahme-Modul ein, dass die drei Riegel mit den entsprechenden Nuten der Öffnung fluchten. Drehen Sie das Magazin dann nach links, bis es hörbar einrastet und sich nicht weiter drehen lässt. Das Magazin befindet sich nun in Betriebsstellung – das Gerät ist damit einsatzbereit.

Beim Einführen des Reinfilter-Behälters fallen die ersten Filter in das Gerät. Dies ist ein normaler Vorgang.

Zur Entnahme eines Magazins aus dem Gerät muss der Zylinder fest umgriffen und nach rechts gedreht werden, bis die drei Riegel in den entsprechenden Nuten sichtbar werden. Das Magazin kann nun senkrecht aus dem Gerät gezogen werden.

Zur Entnahme von Filtern aus dem Magazin müssen die drei Nasen unten an den Riegeln (siehe Abb. 4.9) gleichzeitig niedergedrückt und der Außenring des Magazins nach oben geschoben werden. (Der Ring ist in Abb. 4.9 ebenfalls – unterhalb des Riegels – erkennbar, und zwar dort in seiner obersten Stellung).

Es können sich – selbst bei bereits leerem Reinfilter-Magazin – immer noch Filter im Gerät befinden, sei es im Karussell (bei Probenahme- und Messbetrieb) oder unterhalb des

Magazins (vor dem Einlegen in das Karussell). Um erforderlichenfalls alle noch im Gerät vorhandenen Filter zu entnehmen, kann ein spezielles Softwareprogramm verwendet werden. Nähere Hinweise hierzu enthält Kapitel 5, Betrieb.

***Achtung**: Versuchen Sie nie, Filter von Hand aus dem Gerät zu nehmen – weder mit noch ohne Werkzeug. Das Gerät kann bei einem solchen Versuch leicht beschädigt werden. Vewenden Sie stattdessen die Entleerungsfunktion (siehe Kapitel 5, Betrieb).*

***Achtung**: Vermeiden Sie sorgfältig, dass beim Ausbau der Magazine Fremdkörper in das Probenahmemodul gelangen. Decken Sie die Öffnungen ggf. entsprechend ab.*

4.8 Inbetriebnahme

Nach Durchführung sämtlicher Vorbereitungsmaßnahmen, die in den vorstehenden Abschnitten beschrieben wurden, ist das Gerät bereit zur Inbetriebnahme. Führen Sie eine abschließende Kontrolle durch und schalten Sie das Gerät an der Rückseite des Probenahmemoduls ein.

Nach dem Einschalten führt das Gerät eine interne Kontrolle der einzelnen Untersysteme durch. Hieran schließt sich eine Aufwärmphase an, da das Gerät beim Probenahme- und Messbetrieb eine Innentemperatur von ca. 40 °C aufweisen muss. Nach Ablauf dieser Aufwärmphase ist das Gerät einsatzbereit.

Hinweise zur Konfigurierung und Verwendung des Systems sind Kapitel 5, Betrieb zu entnehmen.

***Hinweis**: Wenn das Gerät aus einer kälteren Umgebung an den Einsatzort verbracht wurde, muss es vor der Inbetriebnahme erst die neue Umgebungstemperatur annehmen, um Probleme durch Kondensatbildung zu vermeiden.*

Betrieb 5

IIn diesem Kapitel wird die Bedieneroberfläche des SM200-Systems beschrieben. Display und Bedienungstasten sind in der Frontplatte angeordnet. Auch auf die Software-Menüs und deren Verwendung wird nachstehend detailliert eingegangen.

Zur schnellen Inbetriebnahme des Geräts findet sich am Ende dieses Kapitels eine schrittweise Kurzanleitung.

5.1 Bedieneroberfläche

Abb. 5.1 zeigt die Frontplatte des SM200 mit Display, Tastenfeld und Meldeleuchten für die Status-Anzeige. Das Display ist vierzeilig.

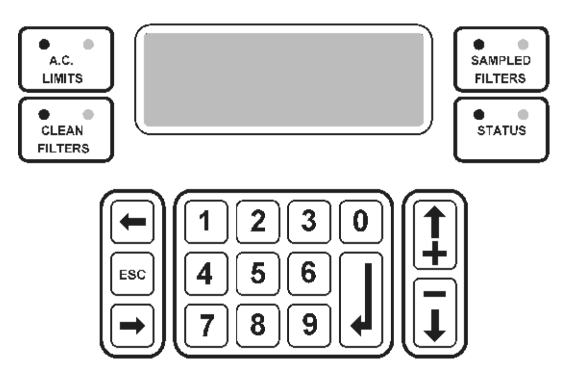


Abb. 5.1. Frontplatte des SM200-Geräts.

Die Tasten dienen zum Navigieren innerhalb der Menüs. Mit den Pfeiltasten [Aufwärts] und [Abwärts] wird innerhalb der Menüstruktur herauf- bzw. heruntergeschaltet. Die Taste [Enter] aktiviert die jeweils aufgerufene Funktion, mit [Esc] kehren Sie in das vorausgegangene Menü zurück. Zur Dateneingabe in den Menüs werden die Pfeiltasten [Aufwärts] und [Abwärts] sowie die Zifferntasten verwendet. Drücken Sie [Enter], um einen neuen Wert zu übernehmen, oder [Esc], um die betreffende Funktion ohne Speichern der neuen Einstellung zu verlassen.

5.2 Status-Signale

Die Meldeleuchten im der Frontplatte (Abb. 5.1) haben folgende Bedeutung:

Tabelle 5.1: Status-Signale.

Meldeleuchte	Grün	Rot
A.C. LIMITS	Netzspannung liegt innerhalb des Sollbereichs.	Netzspannung liegt außerhalb der Sollbereichs. Betrieb des Geräts nicht möglich. Gleichzeitiges Aufleuchten der roten und grünen Meldeleuchte weist auf grenzwertige (gerade noch akzeptable) Netzspannungsverhältnisse hin.
STATUS	System läuft.	Gerät ist gestört. Siehe Systemstatus- Menüs und Störungsbeistand in diesem Handbuch.

Tabelle 5.2: Filter-/Magazinstatus.

Grün	Rot	Bedeutung
Ein	Aus	Magazin mit Filtern eingesetzt.
Aus	Ein	Magazin fehlt.
Aus	Blinkt	Magazin vorhanden, Filter konnte jedoch nicht geladen werden.
Blinkt	Blinkt	Höchstens noch 5 Filter im Magazin.
Ein	Ein	Filter bereits eingelegt.

5.3 Inbetriebnahme

Beim Einschalten zeigt das Gerät zunächst die Startmeldung (siehe Abb. 5.2) mit der Serien-Nr. des Geräts und der verwendeten Software-Version.

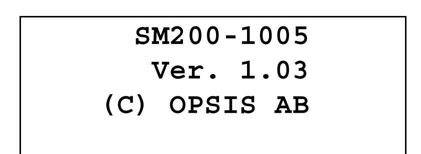


Abb. 5.2. SM200-Startmeldung.

Nach einigen Sekunden wird das SM200-Hauptmenü aufgebaut (siehe Abb. 5.3). In der Info-Zeile erscheint beim erstmaligen Einschalten eine Aufwärmmeldung, die solange angezeigt bleibt, bis sich das Innere des Geräts auf die Betriebstemperatur von ca. 40 °C erwärmt hat.

Nach Erreichen der Betriebstemperatur kann auf sämtliche Funktionen des Geräts zugegriffen werden.

Die Aufwärmphase lässt sich durch Drücken der [Esc]-Taste überspringen. Im Interesse eines einwandfreien Messbetriebs sollte dem Gerät jedoch stets die Möglichkeit gegeben werden, erst die normale Betriebstemperatur herzustellen, d.h. die Aufwärmphase sollte grundsätzlich nur übersprungen werden, wenn ein sofortiger Beginn der Messung nicht beabsichtigt ist. Der Aufwärmfunktion wird auch nach Drücken der [Esc]-Taste fortgesetzt.

```
2003-09-23  11:43:07
[1]-Measure [2]-Def.
[3]-Service [4]-Data
Info:
```

Abb. 5.3. SM200-Hauptmenü.

Wird das Gerät aus dem laufenden Messbetrieb neu gestartet und hat daher die Temperatur von ca. 40 °C bereits annähernd erreicht, erscheint in der Info-Zeile die Meldung Resuming meas soon ("Messung wird gleich fortgesetzt"). Drückt der Bediener daraufhin die [Esc]-Taste, fährt das Gerät nicht mit der Messung fort, sondern zeigt die Meldung Meas halted ("Messung angehalten"). Andernfalls nimmt es sofort bei Erreichen der Betriebstemperatur den Messbetrieb auf. Hinweise zur Forsetzung des Messbetriebs nach einer Unterbrechung enthält Kapitel 5.5.7.

5.4 Übersicht über das Menüsystem

Das Menüsystem setzt sich aus mehreren Einzelmenüs zusammen. Die Struktur dieser Menüs ist in Abb. 5.4 dargestellt.

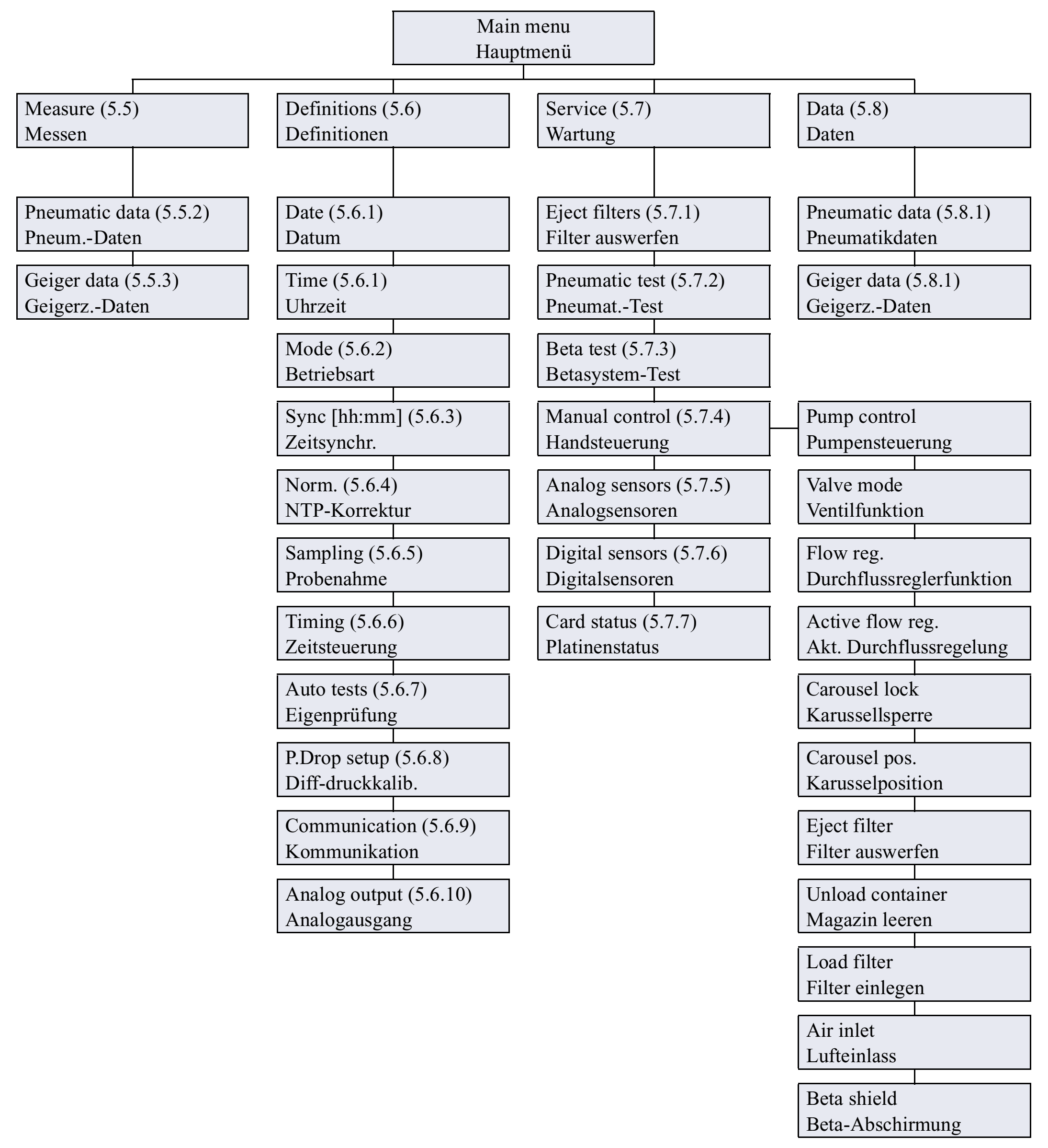


Abb. 5.4. Menüstruktur mit Angabe der Kapitel, in denen das jeweilige Menü beschrieben wird.

5.5 Das Menü "Messen" (Measure)

Aus diesem Menü lassen sich Messungen starten, anhalten und abbrechen. In den Menüs "Pneumatikdaten" (Pneumatic data) und "Geigerzähler-Daten" (Geiger data) kann auf die im Gerät anliegenden Sensordaten sowie die zur Berechnung der Massekonzentrationen verwendeten Parameter zugegriffen werden.

```
Meas mode:  Measure
Pneu:       01:30:13
Geiger:   Blank  30
2003-10-12 16:29:57
Pneumatic data  [+]
Geiger data     [+]
```

Abb. 5.5. Das Menü "Messen".

5.5.1 Messbetriebsart (Meas mode)

In der ersten Zeile des Messmenüs wird die Messbetriebsart angezeigt. Es gibt drei verschiedene Betriebsarten: Messen (Measure), Leerlauf (Idle) und Angehalten (Halted).

In der Betriebsart "Messen" (Measure) führt das Gerät Messungen gemäß den im Definitionsmenü vorgenommenen Einstellungen durch. Eine detaillierte Beschreibung des Messablaufs enthält Kapitel 2, Hardware-Beschreibung.

5.5.2 Pneumatik-Informationen (Pneu)

In der Zeile Pneu erscheinen Informationen zur laufenden Messung. Angezeigt wird die verbleibende Probenahmezeit (1 Std., 30 min, 30 sek. in Abb. 5.5).

Nach Beendigung der Probenahmezeit erscheint in der Zeile Pneu die Gesamtprobenahmezeit, und zwar wie folgt:

```
Pneu: 07:58 [hh:mm]
```

5.5.3 Geigerzähler-Informationen (Geiger)

In der Zeile Geiger werden Informationen über die Art der durchgeführten Strahlungsmessung angezeigt. Es kann sich jeweils um eine Dunkelfeld-, Leer- oder Sammelmessung (Dark, Blank oder Collect) handeln. Zudem wird die bereits verstrichene Zeit der aktuellen Messung (in Minuten) angegeben.

5.5.4 Start einer neuen Messung

Setzen Sie den Cursor in die Zeile für die Messbetriebsart (Meas mode) und drücken Sie die Taste [Enter]. Wählen Sie mit Hilfe der Pfeiltasten die Funktion "Neustart" (New start) und bestätigen Sie mit [Enter]. Das Gerät beginnt mit einer neuen Messung. Im Feld für die Messbetriebsart (Meas mode) erscheint der Eintrag "Messung" (Measure).

Bei laufender Messung wird in der Info-Zeile des Hauptmenüs die Meldung "Messung läuft" (Meas. active) angezeigt.

5.5.5 Abbruch einer Messung

Wenn sich das Gerät in der Betriebsart "Messen" (Measure) oder "Angehalten" (Halted) befindet, kann die laufende Messung jederzeit abgebrochen werden.

Setzen Sie hierzu den Cursor in die Zeile für die Messbetriebsart (Meas mode) und drücken Sie die Taste [Enter]. Wählen Sie mit Hilfe der Pfeiltasten die Funktion "Abbrechen" (Abort) und bestätigen Sie mit [Enter]. Die Messung wird daraufhin abgebrochen. Im Feld für die Messbetriebsart (Meas mode) erscheint daraufhin die Anzeige "Leerlauf" (Idle).

5.5.6 Anhalten einer Messung

Eine laufende Messung kann - z.B. zur Wartung des Geräts - vom Bediener angehalten werden.

Setzen Sie dazu den Cursor in die Zeile für die Messbetriebsart (Meas mode) und drücken Sie [Enter]. Wählen Sie mit Hilfe der Pfeiltasten die Funktion "Anhalten" (Halt) und drücken Sie erneut [Enter]. Die Messung wird daraufhin unterbrochen. Im Feld für die Messbetriebsart (Meas mode) erscheint die Anzeige "Angehalten" (Halted). Zur Fortsetzung der Messung siehe Kapitel 5.5.7.

5.5.7 Fortsetzung der Messung

Eine angehaltene (= unterbrochene) Messung kann später wieder aufgenommen werden. Setzen Sie hierzu den Cursor in die Zeile für die Messbetriebsart (Meas mode) und drücken Sie die Taste [Enter]. Wählen Sie mit Hilfe der Pfeiltasten die Funktion "Fortsetzen" (Continue) und bestätigen Sie mit [Enter]. Die Messung wird daraufhin fortgesetzt.. Im Feld für die Messbetriebsart (Meas mode) erscheint der Eintrag "Messung" (Measure).

5.5.8 Die Menüs "Pneumatikdaten" und "Geigerzählerdaten"

Das Menü "Pneumatikdaten" (Pneumatic data) enthält Angaben über die Pneumatik-Parameter zur laufenden Messung. Analog dazu lassen sich im Menü "Geigerzählerdaten" (Geiger data) Informationen zu den Geigerzähler-Parametern aufrufen. Die Werte dieser Parameter werden einmal pro Minute aktualisiert (siehe Abb. 5.6).

Eine Erläuterung dieser Parameter findet sich im Kapitel A.1, Pufferspeicher-Inhalt. Dieselben Menüs mit Daten bereits abgeschlossener Messungen sind über das Menü "Daten" (Data) aufrufbar (siehe Kapitel 5.8).

Start 2003-10-01 15	Start 2003-10-01 15
Sample time: 6:25	Dark : 27 [CPM]
Vol S: 5.790 [Nm3]	Blank: 104974 [CPM]
Vol I: 6.418 [m3]	Blank time : 30
PDrop I: 9.840[kPa]	Coll.: 0 [CPM]
PDrop F:10.117[kPa]	Coll. time : 0
Flow RSD: 1.1 [%]	Natural [1] : 0
Flow T : 37.84 [°C]	Natural [2] : 0
Ext. T : 25.05 [°C]	Natural [3] : 0
Atm P : 99.764[kPa]	Natural [4] : 0
Filter hum:28.75[%]	Natural [5] : 0
Filter T: 20.34[°C]	Natural periods : 0
Valve pos F : 17116	Blank T : 40.02[°C]
Pneu status : 0000	BlankP: 99.619[kPa]
	Blank hum :24.01[%]
	Blank HV:603.942[V]
	Coll. T: 0.00[°C]
	Coll.P: 0.000[kPa]
	Coll. hum : 0.00[%]
	Coll. HV: 0.000[V]
	G.stab: 0.0[rel]
	Geiger Status: 0000

Abb. 5.6. Die Menüs "Pneumatikdaten" und "Geigerzählerdaten".

5.6 Das Menü "Definitionen"

Das Menü "Definitionen" (Definitions) bietet folgende Möglichkeiten:

- Einstellung von Betriebsparametern des Geräts.
- Änderung von Uhrzeit und Datum.
- Festlegung der Zeitintervalle zwischen den Eigenprüfungen.
- Konfiguration des seriellen Datenaustauschs.
- Konfiguration des Analogausgangs.

```
Date       2003-09-23
Time         11:43:07
Mode             Dust
Sync [hh:mm]    00:00
Norm.       NTP 0 °C
Sampling          [+]
Timing            [+]
Auto tests        [+]
P.Drop setup      [+]
Communication     [+]
Analog output     [+]
```

Abb. 5.7. Das Menü "Definitionen".

5.6.1 Änderung von Uhrzeit und Datum (Date, Time)

Setzen Sie dazu den Cursor in die Zeile "Datum" (Date) bzw. Uhrzeit (Time) und drücken Sie die [Enter]-Taste. Geben Sie über die Zifferntastatur ein neues Datum bzw. eine andere Uhrzeit ein. Drücken Sie erneut [Enter], um die Eingabe zu übernehmen.

5.6.2 Betriebsart (Mode)

Die Einstellung in der Zeile "Betriebsart" (Mode) muss der jeweiligen Geräteausführung entsprechen. Es besteht die Auswahl zwischen folgenden vier Typen:

- Schwebstaub-Immissionsmessgerät (Dust)
- Stabilitätsüberwachungssystem (Stability)
- Kombinationsgerät (Combined)
- Staubprobenehmer (Sampler)

5.6.3 Zeitsynchronisation (Sync [hh:mm])

Mit dieser Einstellung wird die Startzeit für den Probenahmezyklus festgelegt. Wenn ein 24-stündiger Probenahmezyklus verwendet wird, bedeutet der Wert "00:00" in der Sync-Zeile, dass das Gerät von Mitternacht dieses Tages bis Mitternacht des nächsten Tages misst.

Die Vorbereitung ("Konditionierung") eines Filters zur Probenahme nimmt in der Regel 2,5 Stunden in Anspruch.

***Beispiel**: Das Gerät startet um 18.00 Uhr. Es benötigt zunächst 2½ Std. für die Vorbereitung des ersten Filters. Um 20.30 Uhr beginnt die eigentliche Probenahme. Daraufhin wird der nächste Filter vorbereitet und steht zur Probenahme um Mitternacht zur Verfügung.*

5.6.4 NTP-Korrektur (NTP correction)

Die gemessenen Konzentrationen lassen sich auf eine Bezugstemperatur normieren. Hierzu stehen folgende Temperaturen zur Verfügung:

- NTP 0 °C
- NTP 20 °C
- NTP 25 °C
- Keine Korrektur (No corr). Bei Wahl dieser Einstellung wird keine NTP-Korrektur vorgenommen.

5.6.5 Probenahme (Sampling)

Das Menü zur Einstellung der Probenahme-Parameter ist in Abb. 5.8 dargestellt.

```
FlowRate[m3/h] 1.00
Min drop [kPa]  0.0
Min flow[m3/h] 0.00
```

Abb. 5.8. Das Menü "Probenahme".

- Flow rate bezeichnet den Nenndurchfluss der Probenluft durch das Gerät. Der Durchflusswert hängt davon ab, welcher Probenahmekopf verwendet wird. Die korrekte Einstellung ist den technischen Daten des Probenahmekopfs zu entnehmen. Zur Festlegung muss der Wert über das Zifferntastenfeld eingegeben werden; die Eingabe ist abschließend mit [Enter] zu bestätigen. Der Durchfluss (am Probenahmekopf) wird in m^3/h definiert.
- Min drop bezeichnet den Grenzwert des Differenzdrucks am Filter, bei dessen Unterschreitung ein Alarm gesetzt wird. Ein spürbarer Druckabfall am Filter ist aufgrund seines Strömungswiderstands normal. Das Verschwinden dieses Druckabfalls weist auf eine Störung – in der Regel einen Filterriss – hin.

  Geben Sie einen Wert für den geringsten zulässigen Differenzdruck ein und bestätigen Sie mit [Enter]. Die Angabe des Differendrucks erfolgt in kPa. Durch Eingabe des Werts "0" lässt sich die Alarmfunktion deaktivieren.

  Der normale Differenzdruck hängt von der Art des verwendeten Filters ab. Es empfiehlt sich, das Gerät zunächst mit deaktiviertem Differenzdruck-Alarm zu betreiben

und die dabei auftretenden Normalwerte des Differenzdruckss im Pufferspeicher zu beobachten. Anschließend kann der Alarmgrenzwert dann auf etwa 5 kPa unter dem normalen Differenzdruck-Niveau eingestellt werden.

***Hinweis**: Bei Verwendung eines anderen Filtertyps oder Veränderung des Durchflusses muss der Alarmgrenzwert des Filter-Differenzdrucksr neu ermittelt und eingestellt werden.*

- Min flow bezeichnet den zulässigen Mindestdurchfluss durch das Gerät. Bei Unterschreiten dieses Durchflusswerts wird ein Alarm gesetzt und der Messbetrieb eingestellt. Der Durchfluss im Gerät kann aus verschiedenen Gründen von dem oben unter. Flow rate eingestellten Nennwert abweichen, z.B. weil der Differenzdruck am Filter zunimmt oder die Pumpenleistung nachlässt. Geben Sie den neuen Mindestdurchfluss über die Zifferntasten ein und bestätigen Sie mit [Enter]. Die Eingabe erfolgt in m^3/h. Von dem Durchfluss durch das Gerät kann u.a. die Leistung des Probenahmekopfes abhängen.

  In der Regel reicht es aus, einen Mindestdurchfluss von 0.1–0.2 m^3/h unter dem Nenndurchfluss zu wählen. Durch Einstellung eines Mindestdurchflusses von 0 m^3/h kann diese Funktion deaktiviert werden.

5.6.6 Zeitsteuerung (Timing)

In diesem Menü werden die Probenahmezeit sowie die Anzahl Proben pro Filter eingestellt. Auch die Dauer der Filterkonditionierung kann hier verändert werden.

```
Sampling time[h] 24
Conditioning[10m] 6
Samples/filter    1
Filters (max)    40
Service [d:h] 40:00
```

Abb. 5.9. Das Menü "Zeitsteuerung"

In der Zeile Service wird angegeben, wie lange ein volles Filtermagazin reicht (= Wartungsintervall).

5.6.7 Eigenprüfung (Auto tests)

Das Gerät kann im Rahmen seiner Qualitätssicherungsfunktionen eine Prüfung des pneumatischen Systems sowie des Betastrahlen-Absorptionsmesskreises durchführen. Der zeitliche Abstand, in dem diese Prüfungen jeweils vorgenommen werden sollen, wird im Menü "Eigenprüfung" (Auto test) eingestellt.

```
Pneumatic cycle   1
Pneu.int[d:h]  1.00
Beta span cycle  30
Beta int[d:h] 30:00
```

Abb. 5.10. Das Menü "Eigenprüfung".

Die Prüfung des pneumatischen Systems umfasst eine Messbereichsprüfung sowie eine Dichtheitsprüfung der Probenahmeleitungen. Durch Einstellung des Wertes "0" in der Zeile Pneumatic cycle wird die Testfunktion während des Messbetriebs deaktiviert. Die Prüfung nimmt 2 - 3 Minuten in Anspruch. Es empfiehlt sich, sie einmal pro Messzyklus durchführen zu lassen. Die Ergebnisse des Pneumatiktests sind im Menü "Pneumatiktest" (Pneumatic test) abrufbar, siehe Kapitel 5.7.2. Aus diesem Menü lässt sich auch eine manuelle Pneumatik-Prüfung durchführen.

Die Prüfung des Betastrahlungs-Systems dauert ca. 40 Minuten. Dieser Test sollte einmal monatlich durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind in dem Menü "Absorptionsmesskre-is-Test" (Beta test) abrufbar, siehe Kapitel 5.7.3. Aus diesem Menü lässt sich auch eine manuelle Prüfung des Betastrahlensystems durchführen.

5.6.8 Einrichten des Differenzdruck-Kalbrierfaktors (Pressure drop setup)

In diesem Menü kann der Masse/Differenzdruck-Kalibrierfaktor verändert werden.

```
Mass/PD:   1.0 ug/m3
```

Abb. 5.11. Das Menü "Differenzdruck-Kalbrierfaktor einrichten".

5.6.9 Kommunikation (Communication)

Mit diesem Menü ist die Übertragungsgeschwindigkeit der Kommunikationsanschlüsse einstellbar. Es besteht die Auswahl zwischen 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 und 57600 Bit/s. Wenn ein COM-Port nicht verwendet werden sollfür diesen Anschluss die Einstellung Inactive gewählt werden.

***Hinweis**: Der COM-Port A ist reserviert.*

```
Baud ComA: Inactive
Baud ComB:    19200
Baud ComC:    19200
```

Abb. 5.12. Das Menü "Kommunikation".

5.6.10 Das Menü "Analog-Ausgang" (Analog output)

An dem Analogausgangs-Steckverbinder in der Geräterückwand kann wahlweise ein Signal von 0-10 V d.c. oder 0-20 mA ausgegeben werden. Das Menü "Analog-Ausgang" (Analog output) bietet bei der Ausführung als Schwebstaub-Immissionsmessgerät die Möglichkeit, die entsprechende Staubkonzentration festzulegen. Wählen Sie zunächst in der ersten Zeile unter Analog type die Einstellung "Spannung" (Voltage) oder "Strom" (Current). Mit den Funktionen Test min und Test max lässt sich der Analog-Ausgang zu Prüfzwecken aktivieren.

```
Analog type:Voltage
Range[ug/m3]:1000.0
Zero level [%]:   0
Test min
Test max
```

Abb. 5.13. Das Menü "Analog-Ausgang".

5.7 Das Menü "Wartung" (Service)

Aus diesem Menü lassen sich Prüffunktionen und manuelle Steuerungen durchführen sowie die Werte der analogen und digitalen Sensoren des Geräts anzeigen.

```
Eject filters
Pneumatic test  [+]
Beta test       [+]
Manual control  [+]
Analog sensors  [+]
Digital sensors [+]
Card status     [+]
```

Abb. 5.14. Das Menü "Wartung".

5.7.1 Filter auswerfen (Eject filters)

In dem Karussell des Geräts befinden sich in der Regel mehrere Filter. Diese bleiben bei bloßer Entnahme des Filtermagazins im Gerät zurück.

Es kann jedoch der Wunsch bestehen, alle Filter aus dem Gerät zu entfernen - z.B. nach Abschluss einer Messreihe. Hierzu ist wie folgt vorzugehen:

- Setzen Sie den Cursor im Wartungsmenü (Service) auf den Eintrag "Filter auswerfen" (Eject filters) und bestätigen Sie mit [Enter]. Daraufhin werden alle noch im Karussel befindlichen Filter in das Ablagemagazin transportiert.
- Entfernen Sie das Reinfiltermagazin vom Gerät.
- Entfernen Sie das Ablagemagazin vom Gerät.
- Vergewissern Sie sich (mittels Sichtprüfung durch die Öffnungen in den Filtermagazinen), dass keine Filter im Gerät zurückgeblieben sind. Falls doch, setzen Sie das Ablagemagazin wieder auf und wiederholen Sie den Vorgang.

Das Auswerfen der Filter kann ca. 1 Minute dauern. Im Display erscheint während dieser Zeit eine Wartemeldung. Das Entleeren des Karussels kann nach Eingabe des Befehls "Filter auswerfen" nicht unterbrochen werden.

Beim Auswerfen der Filter wird zugleich eine Qualitätssicherungs-Prüfung der Mechanik des Geräts durchgeführt. Selbst wenn sich keine Filter mehr im Gerät befinden, kann es daher aufschlussreich sein, den Befehl "Filter auswerfen" ausführen zu lassen. Wenn eine Störung der Transportmechanik vorliegt, erscheint eine Störungsmeldung. Zur Interpretation der Fehlercodes siehe die Hinweise im Anhang.

5.7.2 Pneumatiktest (Pneumatic test)

Wählen Sie aus dem Hauptmenü [3]-Service und rufen Sie die Funktion Pneumatic test auf, um in das Pneumatiktest-Menü zu gelangen. Dort stehen Ihnen zwei verschiedene Testfunktionen zur Verfügung:

- eine Messbereichsprüfung, mit der der Durchfluss durch das Gerät kontrolliert wird
- eine Dichtheitsprüfung auf luftdichten Abschluss der Leitungen.

Im Display erscheinen die Werte des zuletzt durchgeführten Pneumatiktests (siehe Abb. 5.15). Diese Informationen sind zur Qualitätssicherung und Entstörung hilfreich.

```
Span/leak test
S: 2.544 0.29   0.1
L:  9.3 kPa    0 Pa
D:2003-09-26  08:29
```

Abb. 5.15. Das Menü "Pneumatiktest" mit Anzeige der Ergebnisse aus der zuletzt durchgeführten Prüfung.

5.7.2.1 Messbereichsprüfung (Span test)

Der Durchfluss durch das System wird über den Differenzdruck an einer Messblende ermittelt und mittels eines Nadelventils geregelt. Zwischen Durchfluss und Differenzdruck besteht ein Zusammenhang, der durch einen bestimmten Faktor wiedergegeben wird. Dieser Faktor wird im Werk dauerhaft im Gerät gespeichert. Aus der Messbereichsprüfung ergibt sich ein neuer Faktor, der mit dem gespeicherten verglichen wird – die Differenz wird als Prozentwert ausgewiesen. Diese Prozentangabe stellt das Ergebnis der Prüfung dar, sie sollte möglichst nahe Null liegen. Eine Differenz von einigen wenigen Prozenten kann toleriert werden, bei deutlich höherem Ergebnis kann jedoch eine Nachkalibrierung erforderlich werden.

Als Ergebnis der Messbereichsprüfung (S) gibt das Gerät drei Werte aus:

- Der erste Parameter ist der Kalibrierungswert für die Durchflussüberwachung. Beim Start der Prüfung erscheint hier der abgespeicherte Kalibrierungswert. Nach einiger Zeit wird er mit dem entsprechenden Wert aus der Messbereichsprüfung ersetzt. Beide Werte liegen in der Regel knapp über 2,0.
- Der mittlere Parameter gibt den Druck an, der bei der Prüfung in den Luftleitungen im Inneren des Geräts herrscht. Er wird als Innendruckanteil am Aussendruck angegeben. Der Wert beträgt bei Beginn der Prüfung 1,0, sinkt jedoch bei laufender Pumpe auf 0,45 und darunter (Betriebspunkt der Messblende für die Messbereichsprüfung). An diesem Punkt wird der Prüfungskalibrierwert berechnet (s.o.).
- Der dritte Parameter gibt die Abweichung des Prüfungskalibrierwerts von dem gespeicherten Kalibrierwert an. Diese Abweichung muss niedrig sein; sie sollte im Höchstfall einige wenige Prozent betragen.

Bei der Prüfung wird der gespeicherte Kalibrierungswert nicht verändert; ihm wird lediglich der Prüfkalibrierwert gegenübergestellt.

5.7.2.2 Dichtheitsprüfung (Leak test)

Bei der Dichtheitsprüfung (L) werden die internen Luftleitungen möglichst luftleer gepumpt, anschließend wird die Pumpe abgeschaltet. Als Ergebnis der Prüfung werden zwei Parameter ausgegeben:

- Der erste Prüfparameter gibt den Restdruck im System an. Zu Beginn des Tests herrscht im System noch atmosphärischer Druck, der dann jedoch zurückgeht, sobald die Pumpe Luft abzusaugen beginnt. Zu dem Zeitpunkt, da das Ventil schließt, sollte der Wert deutlich unter 30 kPa betragen, bei einem neuen Gerät liegt er in der Regel bei 15 kPa oder darunter. Dieser Parameter ist ein Maß für den Pumpenwirkungsgrad.
- Der zweite Prüfparameter gibt einen niedrigen Druckwert bei einer künstlich herbeigeführten Leckströmung an. Dieser Wert ist bei luftleer gepumptem System "Null", steigt jedoch mit Beginn des Tests an. Die Zunahme sollte sehr klein bleiben, jedoch in keinem Fall 0,08 kPa überschreiten, da sie ein Maß für das Eindringen von Fremdluft in das System darstellt.

Nähere Informationen über die Prüfergebnisse und ihre Bedeutung sind dem Kapitel über die Qualitätssicherungsfunktionen (Kapitel 3, Qualitätssicherung und Qualitätslenkung) zu entnehmen.

5.7.2.3 Start eines neuen Pneumatiktests

Drücken Sie zur Ausführung eines manuellen Pneumatiktests die [Enter]-Taste. Abb. 5.16 zeigt das bei laufendem Pneumatiktest erscheinende Display.

```
Span/leak test   ...
S: 2.545 1.00    0.0
L: 99.4 kPa    13 Pa
Testing          ...
```

Abb. 5.16. Anzeige im Display "Pneumatiktest" bei laufender Messbereichs- bzw. Dichtheitsprüfung.

5.7.3 Absorptionsmesskreis-Test (Beta test)

Beim Aufrufen dieses Menüs erscheinen die Werte des zuletzt durchgeführten Absorptionsmesskreis-Tests (siehe Abb. 5.17). Diese Informationen sind zur Qualitätssicherung und Entstörung hilfreich.

```
Beta test
Dk:     27 CE:  0.0%
A:1291924 B:1005210
D:2003-10-01  07:04
```

Abb. 5.17. Das Menü "Absorptionsmesskreis-Test" mit Anzeige der Ergebnisse aus der zuletzt durchgeführten Prüfung.

Als Ergebnisse der Prüfung werden vier Parameter ausgewiesen: die Zählabweichung des Geigerzählers sowie drei Zählwerte:

- Bei dem ersten Zählwert (Dk) handelt es sich um die Dunkelzählung. Dies ist das Signal, dass das Geiger-Müller-Zählrohr bei abgedeckter Strahlungsquelle liefert. Der Wert sollte daher möglichst niedrig sein (zwischen 10 und 100 Zählern). Seine absolute Höhe schwankt je nach Geigerzähler; wichtig ist vor allem, dass es keine größeren Unterschiede zwischen den Dunkelzählwerten aus mehreren Prüfungen gibt.
- Der zweite und dritte Zählwert (A und B) geben die Geigerzählersignale bei Platzierung zweier verschiedener Metallblenden zwischen Strahlungsquelle und Zählrohr wieder. Die Öffnungsdurchmesser der beiden Blenden sind exakt bekannt, das Verhältnis zwischen den beiden Zählwerten sollte daher unverändert bleiben, auch wenn die absoluten Zählwerte in ihrer Höhe eventuell schwanken.

- Das unter CE ausgewiesene Ergebnisparameter (siehe Abb. 5.17) stellt den prozentualen Unterschied zwischen dem (werksseitig definierten) Kalibrierungswert des Zählerverhältnisses und dem gemessenen (Ist-)Zählwertverhältnis dar. Dieser Fehler sollte möglichst nahe bei Null liegen. In der Regel sollte er über einige wenige Prozent nicht hinausgehen. Das Ergebnis der Prüfung hängt von der Intensität und Schwankung der natürlichen Hintergrundstrahlung ab.
- The beta test result (parameter CE in Abb. 5.17) is the percentage difference between the calibrated counter values relationship, set when the instrument was manufactured, and the measured counter values relationship. The error should be as close as possible to zero percent. Normally, it should not exceed a few percent. The test result will depend on the amount of and variation in the natural background radioactivity.

5.7.3.1 Start eines neuen Absorptionsmesskreis-Tests

Drücken Sie zur Ausführung eines manuellen Absorptionsmesskreis-Tests die [Enter]-Taste. Abb. 5.18 zeigt das bei laufender Prüfung des Absorptionsmesskreises eingeblendete Display.

```
Beta test         ...
Dark: 120
A:1291924  B:1005210
Testing           ...
```

Abb. 5.18. Anzeige im Display "Absorptionsmesskreis-Test" während der Prüfung.

5.7.4 Handsteuerung (Manual control)

Aus diesem Menü ist eine manuelle Steuerung des Geräts möglich.

```
Pump control :  Off
Valve mode : Sample
Flow reg. :  Closed
Active flow reg:Off
Carousel lock:   On
Carousel pos :L1_U2
Eject filter
Unload container
Load filter
Air inlet :Inactive
Beta shield :    On
```

Abb. 5.19. Das Menü "Handsteuerung".

5.7.4.1 Pumpensteuerung (Pump control)

Drücken Sie [Enter], um die Pumpe zu starten. Erneutes Drücken der [Enter]-Taste bewirkt, dass die Pumpe abgeschaltet wird.

5.7.4.2 Ventilfunktion (Valve mode)

Das Ventil kann wahlweise in eine der drei Betriebsarten "Probenahme" (Sample), "Messbereich" (Span) oder "Dichtheit" (Leak) geschaltet werden..

5.7.4.3 Durchflussregler (Flow reg.)

Mit dieser Funktion lässt sich der Durchflussregler wahlweise in eine der drei Betriebsarten "Regeln" (Regulate), "Höchstdurchfluss" (Max flow) oder "Geschlossen" (Closed) schalten.

5.7.4.4 Aktive Durchflussregelung (Active flow reg.)

Die aktive Durchflussregelung kann wahlweise ein- oder ausgeschaltet werden (On bzw. Off).

5.7.4.5 Karussellsperre (Carousel lock)

Hier lässt sich die Karussellsperre wahlweise ein- oder ausschalten (On bzw. Off).

5.7.4.6 Karussellstellung (Carousel pos)

Mit dieser Funktion lässt sich das Karussell manuell in eine von vier Stellungen schalten:

- L1_U2 : Filter 1 einlegen, Filter 2 auswerfen
- S1_G2 : Probenahme auf Filter 1, Absorptionsmesskreis-Test auf Filter 2
- L2_U1 : Filter 2 einlegen, Filter 1 auswerfen
- S2_G1 : Probenahme auf Filter 2, Absorptionsmesskreis-Test auf Filter 1.

5.7.4.7 Filter auswerfen (Eject filter)

Der in der aktuellen Stellung befindliche Filter wird ausgeworfen, d.h. in das Ablagemagazin transportiert. Wenn kein Magazin im Gerät eingesetzt ist oder die Karusselposition nicht stimmt, hat dieser Befehl keine Funktion.

5.7.4.8 Magazin entleeren (Unload container)

Alle noch im Reinfiltermagazin befindlichen Filter werden in das Ablagemagazin befördert.

5.7.4.9 Filter einlegen (Load filter)

Dem Reinfiltermagazin wird ein Filter entnommen und in das Gerät transportiert. Wenn am Gerät kein Magazin eingesetzt ist oder sich in der Filterposition bereits ein Filter befindet, hat dieser Befehl keine Funktion.

5.7.4.10 Lufteinlass (Air inlet)

Die Lufteinlassregelung kann wahlweise auf "Geschlossen" (Sealed) oder "Inaktiv" (Inactive) geschaltet werden.

5.7.4.11 Abschirmung der Strahlungsquelle (Beta shield)

Mit dieser Funktion lässt sich die Abschirmung zwischen der Betastrahlungsquelle und dem Geiger-Müller-Zählrohr wahlweise ein- oder ausschalten (On bzw. Off).

5.7.5 Analogsensoren (Analog sensors)

In diesem Menü sind die im Gerät abgelegten Messwerte der Analogsensoren zusammengestellt (siehe Abb. 5.20). Diese Messwerte sind hilfreich zur Qualitätssicherung und können auch zur Entstörung des Systems herangezogen werden.

Drücken Sie [Enter], um sich die Einheiten der in einer Zeile erscheinenden Parameter anzeigen zu lassen.

```
eT   24.2 eP  100.9
fiT  20.0 fiRH 32.9
fiD 11.04 flD  3405
flT  37.5 flS  15.3
flI 16.61 flV 0.997
gT   40.0 gC     60
gHV         603.936
TC   6.97 Pos 17119
```

Abb. 5.20. Das Menü "Analogsensoren".

Es empfiehlt sich, die Messwerte der einzelnen Sensoren regelmäßig zu kontrollieren und dabei auf Änderungen der Werte zu achten. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über sämtliche Sensoren sowie deren Funktion.

Tabelle 5.3: Analogsensoren

Sensor	Funktion	Format	Einheit
eT	Außentemperatur	xx.x	°C
eP	Außendruck	xxx.x	kPa
fiT	Filtertemperatur	xx.x	°C
fiRH	Relative Feuchte am Filter	xx.x	%
fiD	Differenzdruck am Filter	xx.xx	kPa

Tabelle 5.3: Analogsensoren

Sensor	**Funktion**	**Format**	**Einheit**
flD	Differenzdruck am Durchflussregler	xxxx	Pa
flT	Durchflusstemperatur (im Regler)	xx.x	°C
flS	Normaldurchfluss	xx.x	Nl/min
flI	Einlass-Volumenstrom	xx.xx	l/min
flV	Einlass-Volumenstrom	x.xxx	m^3/h
gT	Geigerzähler-Temperatur	xx.x	°C
gC	Zähler laut Geiger-Müller-Zählrohr	xxxxxxx	cpm
gHV	Geigerzähler-Hochspannung	xxx.xxx	V
TC	Temperaturregelung	xx.xx	(0 .. 20)
Pos	Stellung des Durchflussreglers	xxxxx	cnt

5.7.6 Digitalsensoren (Digital sensors)

In diesem Menü sind die Messwerte der Digitalsensoren dargestellt (siehe Abb. 5.21). Es handelt sich hierbei um wichtige Qualitätssicherungsdaten, die auch zur Störungsbeseitigung hilfreich sind.

***Hinweis**: Diese Funktion dient nur zu Wartungszwecken.*

```
Carousel         [+]
Carousel lock    [+]
Sampled filters  [+]
Loader           [+]
Clean filters    [+]
Beta shield      [+]
Flow regulator   [+]
```

Abb. 5.21. Das Menü "Digitalsensoren".

5.7.7 Platinenstatus (Card status)

In diesem Menü kann auf Informationen zum Hardware-Status des Analysegeräts zugegriffen werden.

***Hinweis**: Diese Funktion dient nur zu Wartungszwecken.*

```
CPU Master    : 1.02
Flow regulate: 1.01
Power supply : 1.05
Pusher        : 1.01
Shield        : 1.01
Carousel lock: 1.01
Ejector       : 1.01
Load damper  : 1.01
Loader        : 1.01
Carousel      : 1.01
LED card 1    : 1.01
LED card 2    : 1.01
PT2 card      : 1.04
HT1 sensor    : 1.01
PT1 card      :   OK
External T    :   OK
OM001         : 1.01
```

Abb. 5.22. Das Menü "Platinenstatus".

5.8 Das Menü "Daten" (Data)

In diesem Menü sind die Daten aus abgeschlossenen Messungen einsehbar. Die erste Textzeile des Datenmenüs erscheint jeweils unverändert in allen Fenstern. Die erste Zahl in dieser Zeile gibt den Speicherplatz an. Mit den Pfeiltasten [Links] und [Rechts] kann zwischen den Datensätzen im Speicher "geblättert" werden. Die Zahl hinter dem Datum bezeichnet die Stunde des Messbeginns.

```
00015 2003-10-21 15
Mass :    0.162 [mg]
MassErr: 0.013 [mg]
MassC:  22.2[ug/m3]
Pneumatic data  [+]
Geiger data     [+]
Filter P.drop   [+]
Filter samples:   1
Filter pos:       0
```

Abb. 5.23. Das Menü "Daten".

Im Datenmenü sind folgende Werte dargestellt:

- **Mass**: Gesamtgewicht des auf der Membran gesammelten Staubs.
- **MassErr**: Gesamtmassen-Fehler.
- **MassC**: Staubkonzentration.

In den Menüs "Pneumatikdaten" (Pneumatic data) und "Geigerzähler-Daten" (Geiger data) sind weitere Daten zum pneumatischen System und dem Geiger-Müller-Zählrohr abrufbar (siehe Kapitel 5.8.1).

5.8.1 Menüs "Pneumatikdaten" und "Geigerzähler-daten" (Pneumatic data, Geiger data)

Die in diesen Menüs enthaltenen Parameter sind in Kapitel A.1, Pufferspeicher-Inhalt, beschrieben. Dieselbe Übersicht – jedoch mit Daten aus der laufenden Messung – ist aus dem Menü "Messen" (Measure) abrufbar, siehe Kapitel 5.5.8.

Die erste Zeile des Menüfensters - mit Speicherposition, Datum und Uhrzeit (Stunde) des Messbeginns - bleibt stets unverändert, auch wenn in den Menüs aufwärts bzw. abwärts geblättert wird.

00015 2003-10-21 15	00015 2003-10-21 15
Vol S: 7.290 [Nm3]	Dark: 24 [CPM]
Vol I: 7.968 [m3]	Blank: 103686 [CPM]
Sample time: 7:58	Natural: 22 [CPM]
PDropI:10.669 [kPa]	Coll: 103726 [CPM]
PDropF:10.701 [kPa]	Short: 65 [CPM]
FlowRSD: 0.9 [%]	Long: 3 [CPM]
Flow T : 37.82 [°C]	Nat. Res: 1.0 [%]
Ext. T : 24.91 [°C]	Natural [1]: 176
Atm P :101.127[kPa]	Natural [2]: 346
Filter hum:30.76[%]	Natural [3]: 496
Filter T: 22.17[°C]	Natural [4]: 647
Valve pos F: 17147	Natural [5]: 794
Pneu Status: 0000	Blank T : 40.00[°C]
	BlankP:101.531[kPa]
	Blank hum : 5.58[%]
	Blank HV:603.941[V]
	Coll. T: 40.00[°C]
	Coll.P:101.332[kPa]
	Coll. hum : 3.64[%]
	Coll. HV:603.941[V]
	G. stab.: 0.0[rel]
	Geiger Status: 0000

Abb. 5.24. Die Menüs "Pneumatikdaten" und "Geigerzählerdaten".

5.8.2 Das Menü "Filter-Differenzdruck" (Filter P.drop)

In diesem Menü lassen sich Momentanwerte ausgewählter Messgrößen zum Ende jeder Stunde anzeigen. Dargestellt werden die Parameter "Differenzdruck", "Massenkonzentration", "Probenahmevolumen", "atmosphärischer Druck", "Außentemperatur", "Filtertemperatur" und "Filterfeuchte".

.

```
00015 2004-05-21 11
Mass/PD:  0.0 ug/Pa
Show :       P.Drop
H:00-PDrop: 1788 Pa
H:01-PDrop: 1780 Pa
H:02

H:24
```

Abb. 5.25. Das Menü "Filter-Differenzdruck" .

5.9 Kurzleitfaden zur Inbetriebnahme

Die folgenden Abschnitte enthalten eine Kurzbeschreibung der Einstell- und Kontrollschritte, die vor Durchführung einer Messung erforderlich sind.

Gehen Sie zum Start einer Messung wie folgt vor (Kapitelangaben in Klammern verweisen auf Abschnitte dieses Handbuchs, in dem zu dem jeweiligen Schritt detailliertere Hinweise zu finden sind).

1. Vergewissern Sie sich, dass das System korrekt installiert wurde. Legen Sie Filter in das Reinfiltermagazin ein. Schließen Sie die Pumpe an und installieren Sie die Betastrahlungsquelle, (Kapitel 4, Montage).
2. Schalten Sie das Gerät ein und warten Sie, bis die Betriebstemperatur erreicht ist (ohne Umgehung der Aufwärmphase). Dies kann einige Zeit dauern, ist jedoch zur korrekten Funktion des Messkreises unverzichtbar, (Kapitel 5.3).
3. Wählen Sie aus dem Hauptmenü die Funktion [2]-Definitions.
   - Geben Sie unter Date das und unter Time die Uhrzeit ein, (Kapitel 5.6.1).
   - Wählen Sie unter Mode (Betriebsart) die Einstellung Dust (Schwebstaub-Immissionsmessung), (Kapitel 5.6.2).
   - Geben Sie unter Sync (Startzeit für neuen Filter) die Einstellung "00:00" ein, (Kapitel 5.6.3).
   - Wählen Sie unter Norm die Einstellung "NTP 0 °C", (Kapitel 5.6.4).

   Gehen Sie in das Menü "Probenahme" (Sampling), (Kapitel 5.6.5)

   - Geben Sie unter Flow rate (Volumenstrom) den Wert "1.00 m^3/h" ein.
   - Geben Sie unter Min drop (Mindest-Diffferenzdruck) den Wert "0 kPa" ein.

- Geben Sie unter Min flow (Mindestdurchfluss) den Wert "0 m^3/h" ein.

Gehen Sie in das Menü "Zeitsteuerung" (Timing), (Kapitel 5.6.6)

- Geben Sie unter Sampling time (Probenahmezeit) den Wert "24 h" ein.
- Geben Sie unter Conditioning [10m] den Wert "6" ein.
- Geben Sie unter Samples/filter (Proben pro Filter) den Wert "1" ein.
- Geben Sie unter Filter max den Wert "40" ein (volles Magazin).

Gehen Sie in das Menü "Eigenprüfung" (Auto test), (Kapitel 5.6.7).

- Geben Sie unter Pneumatic cycle den Wert "01:00" ein (Durchführung des Pneumatiktests einmal pro Tag).
- Geben Sie unter Beta span cycle den Wert "30:00" ein (Test des Absorptionsmesskreises einmal monatlich).

Gehen Sie in das Menü "Kommunikation" (Communication), (Kapitel 5.6.9).

- Geben Sie unter COMB den Wert "19200" ein (andere Datenübertragungsgeschwindigkeiten sind möglich, der Ausgang COMA ist jedoch nicht einstellbar).

Gehen Sie in das Menü "Analogausgang" (Analog output), (Kapitel 5.6.10).

- Geben Sie unter Range den Wert "1000 µg/m^3" ein (falls Analogausgang gewünscht - in diesem Fall ist vorzugeben, ob ein Strom- oder Spannungssignal verwendet werden soll).

Gehen Sie durch Drücken von [Esc], [Esc] zurück ins Hautpmenü.

4. Wählen Sie im Hauptmenü die Funktion [4]-Data, (Kapitel 5.8).
Mit Hilfe der Links- und Rechtspfeiltasten können Sie sich hier die Daten aus früheren Messzyklen anzeigen lassen. Bei erstmaliger Inbetriebnahme des Geräts sind hier noch keine Daten vorhanden. Alte Daten lassen sich auch bei laufender Messung (ohne Unterbrechung des aktuellen Messbetriebs) anzeigen.

   Gehen Sie durch Drücken von [Esc], [Esc] zurück ins Hautpmenü.

5. Wählen Sie im Hauptmenü die Funktion [3]-Service, (Kapitel 5.7)
Die Durchführung des Pneumatiktests dauert ca. 2 Minuten, (Kapitel 5.7.2).
Die Prüfung des Absorptionsmesskreises nimmt ca. 45 Minuten in Anspruch und setzt das Vorhandensein einer Betastrahlungsquelle voraus, (Kapitel 5.7.3)

   Gehen Sie durch Drücken von [Esc], [Esc] zurück ins Hautpmenü.

6. Vergewissern Sie sich, dass die Meldeleuchten in der Frontplatte des Geräts grünes Dauerlicht zeigen.
7. Wählen Sie im Hauptmenü die Funktion [1]-Measure, (Kapitel 5.5)

   - Geben Sie Measure mode ein, um einen neuen Messzyklus zu starten.

   Das System bereitet sich nun auf den Beginn einer neuen Messung vor, indem es zunächst die Dunkel- und Leermessung durchführt und den Messzyklus mit der unter Sync eingestellten Startzeit abstimmt.

8. Das Gerät befindet sich nun in der Betriebsart "Messen" und informiert im Display über den aktuellen Ablauf. Gespeicherte Daten sind durch Wahl der Funktion [4]-

Data aus dem Hauptmenü aufrufbar. Echtzeit-Daten können mit Hilfe der Funktion [1]-Measure eingesehen werden.

Wartung und Instandhaltung 6

Wie jedes andere Messgerät bedarf auch das SM200-System periodischer Kontrollen und Wartungsmaßnahmen. Nur so lässt sich langfristig eine einwandfreie Funktion des Geräts mit entsprechend hochwertigen Messergebnissen gewährleisten.

Das vorliegende Kapitel enthält einen Wartungszeitplan sowie eine detaillierte Beschreibung sämtlicher erforderlicher Instandhaltungs- und Pflegemaßnahmen.

Am Ende dieses Kapitels ist eine Liste des für einjährigen normalen Betrieb erforderlichen Verbrauchsmaterials zusammengestellt.

6.1 Übersicht

Tabelle 6.1. gibt eine Übersicht über die routinemäßigen Wartungsmaßnahmen. Jeder dieser Schritte wird in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

Tabelle 6.1: Wartungs-Übersicht.

Maßnahme	Intervall	s. Kapitel
Kontrolle des Gerätestatus	täglich	Kapitel 6.2
Wechsel der Probenahmefilter	je nach Zyklusdauer	Kapitel 6.3
Beta and pneumatic tests	monatlich	Kapitel 6.4
Prüfung und Reinigung des Geräts	vor Beginn jeder Messreihe, spätestens monatlich	Kapitel 6.5
Gerätetest	vor Beginn jeder Messreihe, spätestens monatlich	Kapitel 6.6
Wechsel des Feuchtigkeitsabscheiders an der Pumpe	alle 6 Monate	Kapitel 6.7
Pumpenmembran-Wechsel	alle 12 Monate	Kapitel 6.8
Wechsel der Pumpendichtung	alle 6 Monate	
Wartung des Probenahmekopfs	je nach Typ des Probenahmekopfs	-

Die vorstehenden Wartungsintervalle stellen lediglich Empfehlungen für den Betrieb des Geräts unter normalen Einsatzbedingungen dar. Je nach den Umgebungsbedingungen können auch kürzere Fristen erforderlich sein. Eventuell sind auch zusätzliche Wartungsmaßnahmen erforderlich, um das System in einwandfreiem Betriebszustand zu erhalten. Ergänzende Hinweise, die hierzu bei Lieferung des Systems oder zu einem späteren Zeitpunkt etwa gegeben werden, sind in jedem Fall zu beachten.

Nach längerem Nichtgebrauch des Systems sollten vor Inbetriebnahme sämtliche Wartungsschritte ausgeführt werden.

Wenden Sie sich bei Unsicherheiten bezüglich etwa erforderlicher Wartungsschritte an Ihren zuständigen Opsis-Vertreter.

***Achtung**: Das Gerät enthält Hochspannung führende Teile. Vor Durchführung praktischer Wartungsmaßnahmen ist das Gerät stets auszuschalten und vom Netz zu trennen!*

6.2 Überwachung des Gerätezustands

Eines der Hauptmerkmale des SM200 sind die integrierten Qualitätssicherungsfunktionen, zu denen auch zahlreiche Sensoren zur Überwachung des Geräteverhaltens gehören. Die Sensorwerte und Prüfergebnisse sollten möglichst regelmäßig kontrolliert werden. Dies kann problemlos über eine Datenfernverbindung sowie ggf. auch automatisch erfolgen, sofern eine Verbindung (z.B. über Modem) zu einem externen Rechner besteht. Mittels geeigneter Software – z.B. Opsis EnviMan ComVisioner – lässt sich der Pufferspeicher-Inhalt des SM200 zur zentralen Analyse an den externen Computer übermitteln.

Folgende Informationen aus dem Pufferspeicher sollten kontrolliert werden:

Parameter	Kontrolle/Kommentar
Aktive Probenahmezeit	Sollte etwa gleich der Messzyklusdauer sein. Andernfalls ist evtl. eine Störung der Spannungsversorgung aufgetreten bzw. die Messung wurde manuell unterbrochen bzw. abgebrochen.
Ausgangs- und Endwert des Differenzdrucks am Filter	Sollte stabil sein, ohne erkennbare Unterschiede zwischen den einzelnen Filtern und ohne allmähliche Tendenz zu steigendem Druckabfall. Allerdings verändert sich der Wert bei Verwendung eines anderen Filtertyps.
Relative Standardabweichung des Durchflusses	Sollte niedrig und stabil sein, ohne allmählichen Trend zu wachsender Veränderlichkeit.
Status des Pneumatiksystems	Sollwert ist "Null", andernfalls liegt eine Störung im pneumatischen System vor (siehe Kapitel A, Anhang).
Dunkelzählung	Der Wert sollte zwischen 10 und 100 Zählern betragen – ohne erhebliche Veränderungen oder allmähliche Abweichungstrends
Geigerzähler-Temperatur	Sollwert > 308 K (bei Leer- und Sammelmessung)
Außendruck	Sollte atmosphärischem Druck entsprechen (bei Leer- und Sammelmessung)
Geigerzähler-Spannung	Muss hohe Stabilität aufweisen (bei Leer- und Sammel-messung)
Status des Betastrahlungssystems	Sollte Null betragen, andernfalls legt eine Störung der Betastrahlungsquelle bzw. des Detektors (Geigerzählers) vor, siehe Kapitel A, Anhang.

Eine vollständige Aufstellung der im Gerätepuffer abgelegten Informationen sowie weitere Hinweise zu deren Interpretation finden Sie im Kapitel A, Anhang.

Bei Online-Fernsteuerung des Systems (über EnviMan ComVisioner oder eine sonstige Software) kann das Messgerät auch manuell aufgerufen werden, um Status-Informationen und Prüfergebnisse detailliert einzusehen, ohne den Probenahme bzw. Messbetrieb zu unterbrechen. Nähere Informationen zu verfügbaren Status-Signalen und deren Bedeutung sind Kapitel 5, Betrieb und dem Kapitel A, Anhang zu entnehmen.

Hinweise zur Störungsbehebung für den Fall problematischer Sensorsignale bzw. Prüfergebnisse enthält Kapitel 7, Störungsbehebung.

6.3 Filterwechsel

Berücksichtigen Sie bei Berechnung der Gerätelaufzeit die Zahl der hierzu erforderlichen Reinfilter und kalkulieren Sie einen rechtzeitigen Filterwechsel ein. Informationen zur Betriebsdauer finden Sie in Kapitel 5, Betrieb.

Entleeren Sie beim Beschicken des Reinfiltermagazins immer auch zugleich das Ablagemagazin.

Der letzte Filter, der in das Reinfiltermagazin eingelegt wird, wird als erster benutzt. Bei der Entleerung des Ablagemagazins kommt der zuletzt beprobte Filter als erster aus dem Magazin. Achten Sie stets auf die Reihenfolge der Filter, evtl. durch Markierung der Filterträger, zumal wenn eine weitere Auswertung im Labor geplant ist.

Hinweise zum Einlegen neuer Filter in das Reinfilter-Magazin sind Kapitel 4.7 zu entnehmen. Zur Entnahme beprobter Filter aus dem Ablagemagazin ist umgekehrt vorzugehen.

Wenn sich der Filtervorrat im Reinfilter-Magazin seinem Ende zuneigt, beginnen die roten und grünen Reinfilter-Statusleuchten in der Frontplatte des Geräts zu blinken. In diesem Fall sollten unverzüglich neue Filter eingelegt werden. Bei leerem Reinfilter-Magazin bzw. vollem Ablagemagazin leuchtet die entsprechende Meldeleuchte rot, und das Gerät stellt den Messbetrieb ein.

6.4 Absorptionsmesskreis- und Pneumatiktest

Wenn die automatischen Prüfungen des Absorptionsmesskreises und der Pneumatiksystems nicht aktiviert sind, müssen diese Tests manuell durchgeführt werden. Hierzu ist zunächst der Messbetrieb zu unterbrechen. Anschließend sind folgende Schritte auszuführen:

- Test des Absorptionsmesskreises (Qualitätssicherung), siehe Kapitel 6.6.
- Pneumatiktest, siehe Kapitel 6.6.

Befolgen Sie die Hinweise in Kapitel 5, Betrieb, um die laufende Probenahme und Messung zu unterbrechen. Beim Abbruch des Messbetriebs sind ggf. die in Kapitel 6.5 -

Kapitel 6.8 beschriebenen Wartungsmaßnahmen durchzuführen. Nähere Hinweise hierzu enthalten die entsprechenden Einzelkapitel.

6.5 Prüfung und Reinigung

Es ist eine Sichtprüfung folgender Bereiche vorzunehmen:

- Netzanschlusskabel und sonstige Kabel. Vergewissern Sie sich, dass diese nicht gequetscht oder sonstwie schadhaft sind, und kontrollieren Sie alle Anschlüsse auf festen Sitz.
- Pneumatik-Leitungen: Alle sichtbaren Leitungen müssen in einwandfreiem Zustand sein. Achten Sie darauf, dass diese nicht geknickt oder so verlegt sind, dass der Luftdurchfluss behindert wird.

Das Gerät muss sich in sauberem, einwandfreiem Zustand befinden. Erforderlichenfalls sind noch folgende Schritte durchzuführen:

- Reinigen Sie das Probenahmemodul und das Gehäuse des Pumpenmoduls mit einem sauberen Lappen, eventuell mit wenig Wasser bzw. schwacher Seifenlauge. Niemals Alkohol oder starke Lösemittel verwenden.
- Hinweise zur Reinigung des Lufteinlasses sind der Dokumentation zum Probenahmekopf zu entnehmen.
- Der Standort des Geräts ist stets sauber zu halten.

6.6 Gerätetest

Ein Gerätetest umfasst folgende Vorgänge:

- Prüfung des pneumatischen Systems
- Kalibrierungsprüfung des Betastrahlungs-Systems
- Kontrolle der Systemsensor-Messwerte
- Kontrolle der Filtereinzugs- und Filterablage-Mechanik.

6.6.1 Pneumatik

Der Pneumatiktest kann sowohl manuell als automatisch zwischen zwei Messzyklen ausgeführt werden. Detaillierte Hinweise zur Durchführung des Pneumatiktests sowie zur Interpretation der Ergebnisse enthält Kapitel 5.7.2.

6.6.2 Betastrahlen-Absorptionsmesskreis

Die Prüfung des Absorptionsmesskreises kann sowohl manuell als automatisch zwischen zwei Messzyklen erfolgen. Detaillierte Hinweise zur Durchführung des Pneumatiktests sowie zur Interpretation der Ergebnisse enthält Kapitel 5.7.3.

Bei der Staubsammler-Ausführung des SM200 entfällt die Prüfung des Betastrahlungssystems, da dieses Modell (reines Probenahme-Gerät) nicht über eine Betastrahlungsquelle verfügt.

6.6.3 Sensor-Messwerte

Die Daten der zahlreichen Sensoren des Systems sind im Menü "Analog-Sensoren" (siehe Kapitel 5.7.5) zusammengestellt. Die Sensormesswerte können auch direkt bei laufendem Probenahme- und Messbetrieb eingesehen werden (Unterbrechung und Neustart der Messung sind hierzu nicht erforderlich).

Einige Sensordaten sind auch im Pufferspeicher verfügbar. Siehe hierzu die Beschreibung in Kapitel 6.2.

6.6.4 Einzug und Ablage der Filter

Achten Sie bei Aufnahme des Probenahme- und Messbetriebs auf die Funktion des Filtertransports. Störungen der Mechanik äußern sich meist in ungewöhnlichen Geräuschen. Ziehen Sie Ihren Opsis-Vertreter hinzu, wenn Sie den Verdacht haben, dass die Mechanik nicht in Ordnung ist.

Bei schwerwiegenden Störungen des Filtertransports erscheint eine Störmeldung im Display und das Gerät stellt den Probenahme- und Messbetrieb ein. Eine Liste der Fehlercodes und ihrer Bedeutungen ist Kapitel A, Anhang zu entnehmen.

6.7 Wechsel des Filters am Feuchtigkeitsabscheider der Pumpe

Der Filter im Feuchtigkeitsabscheider der Pumpe sollte regelmäßig erneuert werden, um einen störungsfreien Betrieb des Systems zu gewährleisten. Hierzu muss zuvor der Messbetrieb unterbrochen und das Gerät abgeschaltet werden.

Abb. 6.1 zeigt ein Foto des Feuchtigkeitsabscheiders.

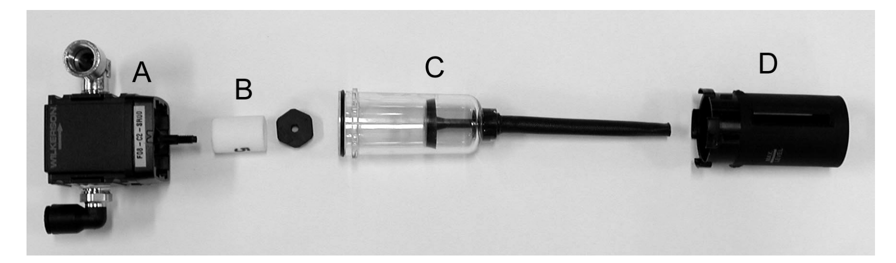


Abb. 6.1. Feuchtigkeitsabscheider. A) Gefäßhalterung, B) Filter, C) Sammelbehälter mit Ablaufschlauch, D) Kunststoffdeckel.

Um den Filterwechsel am Feuchtigkeitsabscheider durchzuführen, ist wie folgt vorzugehen:

- Stoppen Sie den Messbetrieb und schalten Sie das System aus. Ziehen Sie den Netzstecker aus der Steckdose.
- Nehmen Sie den Deckel des Pumpenmoduls ab und ermitteln Sie den Einbauort des Feuchtigkeitsabscheiders.
- Lösen Sie die Befestigungsschrauben des Feuchtigkeitsabscheiders und nehmen Sie diesen komplett von der Pumpe ab.
- Entfernen Sie den Kunststoffdeckel sowie den Sammelbehälter. Nehmen Sie ggf. eine Reinigung des Sammelbehälters vor.
- Entfernen Sie den alten Filter und setzen Sie stattdessen einen neuen Filter ein.
- Montieren Sie das Sammelgefäß sowie den Kunststoffdeckel. Kontrollieren Sie den festen Sitz des Sammelgefäßes an der Halterung.
- Setzen Sie den Feuchtigkeitsabscheider wieder im Pumpenmodul ein.
- Führen Sie den Ablaufschlauch durch die Öffnung im Bodenblech des Pumpenmoduls.
- Montieren Sie den Deckel des Pumpenmoduls und stecken Sie den Netzstecker wieder ein.

Die Pumpe ist damit wieder einsatzbereit. Führen Sie nun einen Pneumatiktest durch, um sich zu vergewissern, dass das System dicht ist, siehe Kapitel 6.6.

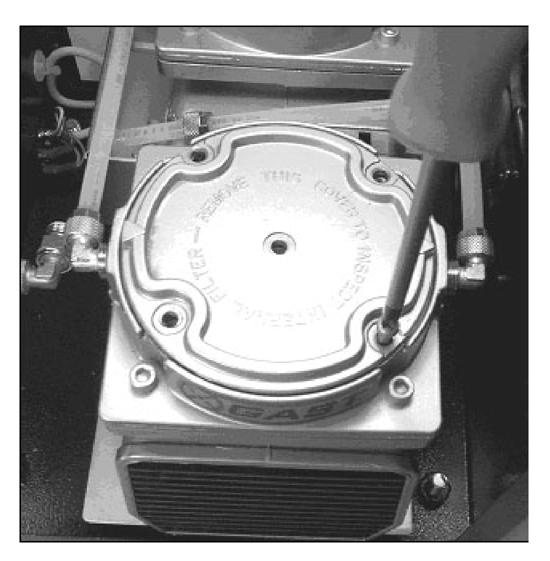
6.8 Wechsel der Pumpenmembranen

Die Pumpenmembranen müssen periodisch gewechselt werden. Ein Anstieg des Restdrucks bei der Dichtheitsprüfung, die im Rahmen des Pneumatik-Tests durchgeführt wird, ist ein sicherer Hinweis auf Fälligkeit eines Membranwechsels. Auch ohne dieses Indiz sollten die Membranen jedoch rechtzeitig erneuert werden, da ihre Standzeit begrenzt ist. Da das Gerät zum Membranwechsel abgeschaltet werden muss, empfiehlt es sich, diese Maßnahme im Rahmen eines System-Neustarts vorzunehmen.

Zum Wechsel der Membranen an beiden Pumpenhälften ist wie folgt vorzugehen:

1. Lösen Sie die fünf Befestigungsschrauben des oberen Pumpendeckels (siehe Abb. 6.2, links).

2. Entfernen Sie die alte Kautschukmembran, wie in Abb. 6.2, rechts gezeigt. Merken Sie sich die Lage der Öffnungen, damit die neue Membran später wieder genauso eingebaut werden kann.



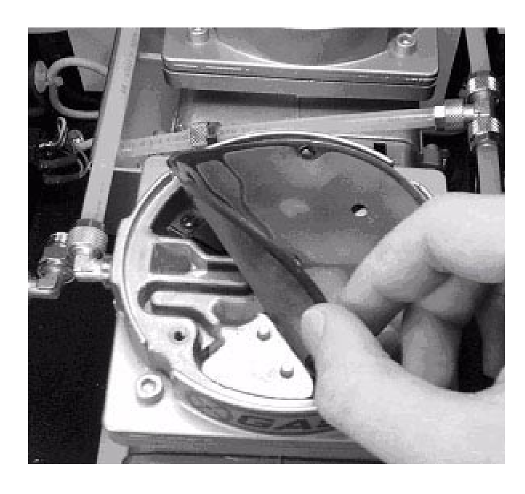


Figure 6.2. Wechsel der Pumpenmembranen, schritte 1 und 2.

3. Das obere Membranventil (links in der oberen Pumpenkammer, siehe Abb. 6.3) ist mit einem Bügel fixiert. Nehmen Sie den Bügel zusammen mit dem Membranventil ab.

4. Nun kann der Zylinderkopf demontiert werden, wie in Abb. 6.3 dargestellt. Zum Lösen der Schrauben ist ein 3/16“-Innensechskantschlüssel erforderlich. Um in das Unterteil des Kopfes zu gelangen, kann es erforderlich werden, den Lufteinlass- und Luftauslass- anschluss zu lösen.

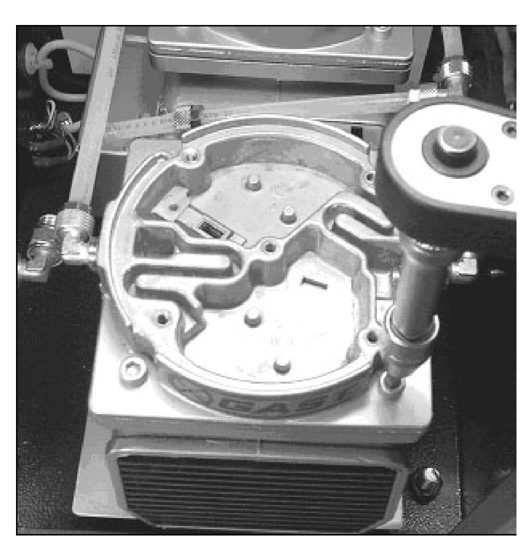


Abb. 6.3. Wechsel der Pumpenmembranen, schritte 3 und 4.

5. Abb. 6.4 links zeigt den umgedrehten Zylinderkopf mit dem unteren Membranventil. Bauen Sie auch dieses Ventil aus. Achten Sie auf die vier Beilagscheiben unter dem Zylinder- kopf – sie sind u.U. unterschiedlich dick und dürfen daher nicht vertauscht werden (siehe Abb. 6.4 rechts).

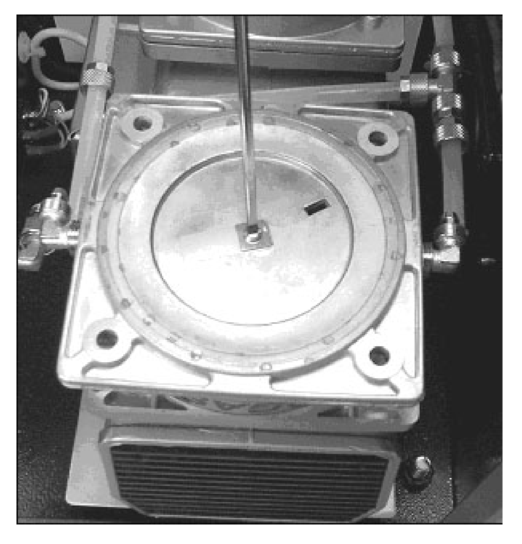




Abb. 6.4. Wechsel der Pumpenmembranen, schritte 5.

6. Entfernen Sie den unteren Membranhalter, wie in Abb. 6.5 gezeigt.

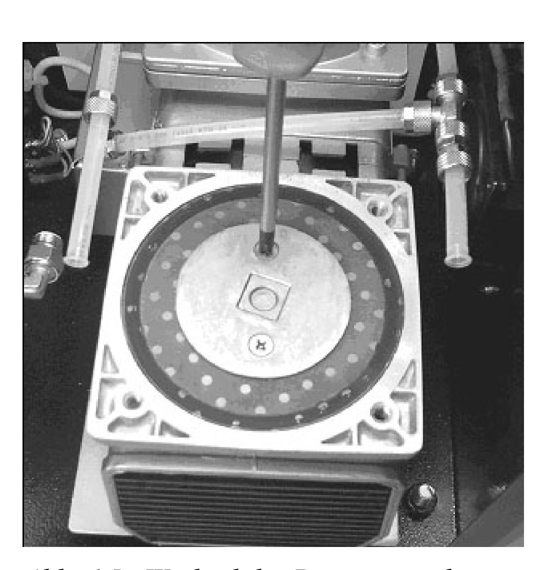




Abb. 6.5. Wechsel der Pumpenmembranen, schritte 6 und 7.

7. Die Pumpe kann nun in umgekehrter Reihenfolge wieder montiert werden, wobei die Neuteile aus dem Membran-Austauschsatz zu verwenden sind. Achten Sie darauf, dass alle Schrauben fest angezogen werden. Der Austauschsatz enthält die erforderlichen Teile für beide Pumpenhälften.

Die Pumpe ist nun wieder einsatzbereit. Führen Sie abschließend einen Pneumatiktest durch, um alle Verbindungen auf Dichtheit zu prüfen (siehe Kapitel 6.6).

6.9 Verbrauchsmaterial

In der folgenden Liste ist der Bedarf an Verbrauchsmaterial für einjährigen Betrieb des Geräts zusammengestellt.

Verbrauchsmaterial für 1-jährigen Betrieb, Prod.-Nr. M300500	**Produkt-Nr.**
Pumpenmembranen, 1 Satz (= 2 Stck.)	M000511
Kautschukdichtungen und Ventile für Pumpe, 2 Satz	A0973070
Filter zum Feuchtigkeitsabscheider, 2 Stck.	M300510

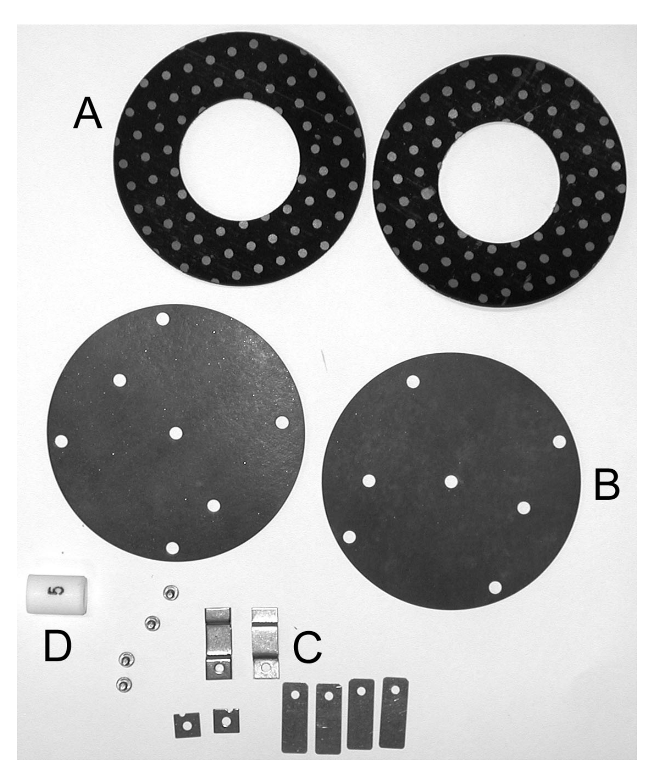


Abb. 6.6. Verbrauchsmaterial für 6-monatigen Betrieb: (A) Pumpenmembranen, (B) Kautschukdichtungen, (C) Ventile, (D) Filter für Feuchtigkeitsabscheider.

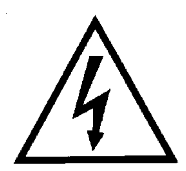
Der tatsächliche Membran- bzw. Filterverbrauch kann je nach Einsatzbedingungen variieren.

Störungsbehebung 7

Das SM200-System wurde konstruktiv so ausgelegt, dass Störungen im Betrieb äußerst selten sind. Zudem wurde das Gerät im Werk gründlich auf einwandfreie Funktion unter echten Messbedingungen geprüft. Die in Kapitel 3, Qualitätssicherung und Qualitätslenkung beschriebenen Qualitätssicherungsfunktionen tragen zusätzlich zu hoher Prozesssicherheit bei. Dennoch lassen sich Störungen aufgrund interner oder externer Faktoren nie völlig ausschließen. Das folgende Kapitel enthält Hinweise zur Ermittlung von Störungsursachen sowie Störungsbehebung.

7.1 Beschränkungen und Warnhinweise

Jedes Gerät der Serie SM200 stellt ein komplexes technisches System dar. Versuchen Sie nicht, daran Reparaturen durchzuführen, die über den Rahmen der Beschreibung in diesem Handbuch hinausgehen. Dies ist Sache unserer qualifizierten, hierzu speziell ausgebildeten Kundendiensttechniker.

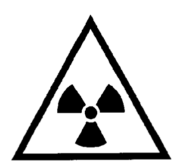


***Achtung**: Bei Anschluss des Geräts an eine Netzspannungsquelle liegt in seinem Inneren Hochspannung an. Vor jeder Abnahme des Geräte- oder Pumpendeckels ist das Gerät unbedingt abzuschalten und vom Netz zu trennen.*

***Achtung**: Das Gerät darf nur an einer Netzspannung betrieben werden, die die vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt. Jede Nichtbeachtung dieser Vorschriften kann schwerwiegende Schäden am System zur Folge haben.*



***Achtung**: Das Gerät weist innen und außen bewegliche Teile auf. Die Filterträger dürfen beim Einzug bzw. der Ablage von Filtern nicht berührt werden.*



***Achtung**: Geräte, die dieses Zeichen tragen, enthalten eine radioaktive Betastrahlungs-quelle. Versuchen Sie nie, das Gehäuse im Bereich dieser Strahlungsquelle zu demontieren.*

7.2 Störungsbeistand

Störung	Ursache	Abhilfe
Gerät läuft beim Einschalten nicht an.	Netzausfall.	Netzanschluss des Geräts kontrollieren. Sicherungen prüfen, ggf. erneuern. Bei Anhalten des Problems Kundendienst hinzuziehen.
Pufferspeicher und/ oder Programmeinstellungen werden beim Abschalten des Geräts zurückgesetzt.	Eingebauter Lithium-Akku erschöpft.	Kundendienst hinzuziehen.
Im Display erscheinen unvollständige Meldungen.	Störung bei der Initialisierung des Geräts.	Gerät aus- und wieder ein-schalten, um Neustart herbeizuführen. Bei Anhalten des Problems Kundendienst hinzuziehen.
Display zeigt die Meldung "Fatal error #n“.	Störung in der Filtertransport-Mechanik.	Gerät abschalten. Filter-magazine und Deckel des Geräts abnehmen. Prüfen, ob das Karussell durch Filter oder Fremdkörper blockiert ist. Gerät neu starten. Bei Anhalten des Problems Kundendienst hinzuziehen.
Ergebnisse der Pneumatikprüfung nicht i.O.	Störung im pneumatischen System: Probenahmekopf, Lufteinlass, Leitungen, Pumpe und/oder interne Kreise.	Kontrollieren, ob die Pumpe das System luftleer pumpen kann (Kapitel 5, Betrieb). Falls nicht, alle Anschlüsse der Luftleitungen auf festen Sitz prüfen. Die Leitungen dürfen nirgendwo gequetscht oder geknickt sein (Gefahr der Durchflussverengung!). Kontrollieren, ob Wasser in den Leitungen steht – falls ja, System gründlich austrocknen lassen und Ursache ermitteln. Bei Anhalten des Problems Kundendienst hinzuziehen.
Ergebnisse der Prüfung des Betastrahlungs-systems nicht i.O.	Störung im Betastrahlungssystem: Strahlungsquelle, Geiger-Zählrohr, mechanische Bewegung der Filter bzw. Abschirmblenden.	Kontrollieren, ob die Mess-kammer ihre Betriebs-temperatur (>308 K) erreicht hat, siehe Kapitel 5, Betrieb. Falls nicht, Ende des Aufwärmzyklus abwarten. Wenn dies keine Abhilfe schafft, Kundendienst hinzuziehen.
Serielle Kommunikation gestört.	Defektes Kabel oder nicht übereinstimmende Datenübertragungs-geschwindigkeit.	Kontrollieren, dass die eingestellten Übertragungs-geschwindigkeiten übereinstimmen und die Ports korrekt konfiguriert sind. Kabelverbindung mittels Mithörgerät auf einwandfreie Funktion prüfen.

Störung	Ursache	Abhilfe
Einzug/Ablage der Filter gestört	Störung der Transportmechanik.	Einzug/Ablage-Mechanismus aus dem Menü Service (siehe Kapitel 5.7) testen. Dazu die Funktionskontrollen "Filter auswerfen" oder "Magazin entleeren" verwenden.
Filltermagazin-Statusleuchte in der Frontplatte leuchtet rot.	Ablage-Magazin ist voll, bzw. Reinfilter-Magazin ist leer. Magazin nicht montiert bzw. nicht einwandfrei gesichert. Magazin wird vom optischen Sensor nicht erkannt.	Kontrollieren, dass das Reinfilter-Magazin noch Filter enthält und das Ablage-Magazin nicht voll ist. Magazin auf einwandfreien Sitz in seiner Halterung kontrollieren. Es muss ganz nach links gedreht und hörbar eingerastet sein. Kontrollieren, dass der optische Sensor nicht blockiert wird (bei abgenommenem Magazin sichtbar) und die Magazin-Verriegelungen blank sind (Sensor braucht Oberflächenreflexion).

7.3 Inanspruchnahme des Kundendienstes

Wenden Sie sich an Ihren zuständigen Opsis-Vertreter, wenn Sie Hilfe mit Ihrem SM200 brauchen. Um dem Kundendienst die Arbeit zu erleichern, halten Sie bitte folgende Angaben bereit:

- Serien-Nr. des Geräts (erscheint auf einem Etikett auf der Geräterückwand).
- Software-Version
- Programmeinstellung (Zykluszeit, Alarmgrenzwerte usw.).
  Siehe Kapitel 5, Betrieb.
- Aktuellste Systeminformation (siehe Kapitel 5, Betrieb und Kapitel A, Anhang). Achten Sie darauf, dass Sie den kompletten Systemstatus-Code richtig notiert haben.
- Ergebnisse der letzten Pneumatik- und Strahlungssystem-Prüfungen (siehe Kapitel 5.7.2 und Kapitel 5.7.3).
- Letzter im Puffer erscheinender Datensatz. Durchblättern Sie sämtliche Seiten und notieren Sie die Werte (siehe Kapitel 5, Betrieb), oder laden Sie den Puffer-Inhalt mittels entsprechender Software in einen PC.
- Art des verwendeten Probenahme-Kopfes.
- Art des zur Probenahme verwendete Filters (Material, Feinheit).
- Umgebungsluftbedingungen (Temperatur, Feuchte, normaler Schwebstaubgehalt).
- Einsatzbedingungen (Standort, Systemanordnung, Temperatur und Druck im Messcontainer).

Anhang A

In diesem Anhang finden Sie detaillierte Informationen zu

- Pufferspeicher-Inhalt
- Status-Codes zum Pneumatik- und Betastrahlungs-System.

Diese Hinweise wurden in Form eines Anhangs zusammengestellt, da sie im normalen Betrieb des Geräts kaum jemals benötigt werden. Sie können jedoch in schwierigen Fällen zur Störungsbehebung von Nutzen sein.

A.1 Pufferspeicher-Inhalt

Im Pufferspeicher des Geräts werden sämtliche Messdaten sowie die wichtigen Qualitätssicherungsparameter abgelegt. Der Pufferspeicher kann entweder über das Menüsystem (siehe Kapitel 5, Betrieb) oder über eine serielle Kommunikationsverbindung unter Verwendung geeigneter Software auf einem externen Rechner ausgelesen werden.

Angezeigt werden sowohl die Daten zum Pneumatiksystem und Absorptionsmesskreis als auch separate Menüs für detailliertere Informationen zu den Absorptionsmess- und Pneumatikfunktionen. Die Menüs Measure (für die aktuelle Messung) und Data (frühere Messungen) enthalten folgende Werte:

Name	Beschreibung	Format	Einheit	QS	M/D
Pneu	Verbleibende Zeit im Pneumatikzyklus	hh:mm:ss			
Geiger	Art der Strahlungsmessung (Dunkel-, Leer- oder Sammelmessung)				
Start	Datum und Uhrzeit des Zyklus- oder Teststarts	jjjj:mm:tt hh:mm			
Sample time	Dauer der Probenahme	hh:mm			
Volume Std.	Probenahme-Gesamtvolumen	x.xxxe+xx	Nm^3		
Volume Inlet	Einlass-Gesamtvolumen	x.xxxe+xx	m^3		
Initial P drop	Differenzdruck am Filter bei Probenahme-Start	xxx.xxx	kPa	x	
Final P drop	Differenzdruck am Filter bei Probenahme-Ende	xxx.xxx	kPa	x	
Flow rate RSD	Relative Standardabweichung des Durchflusses während der Probenahme	xx.x	%		
Flow temp	Temperatur im Durchflussregler	xx.xx	°C		

Name	Beschreibung	Format	Einheit	QS	M/D
Ext. temp	Temperatur am Einlass des Probenahme-Kopfes	xx.xx	°C	x	
Atm P	Atmosphärischer Druck	xxx.xxx	kPa	x	
Filter humidity	Relative Feuchte am Filter	xx.xx	% rel.	x	
Filter T	Temperatur am Filter	xx.xx	°C	x	
Valve pos	Stellung des Durchflussreglers	xxxxx			
Pneumatic status	Pneumatik-Status, siehe Kapitel A.2.	xxxxx		x	
Dark	Beta-Zähler "Hintergrundstrahlung"	xxx	cpm		
Blank	Beta-Zähler "Reinfilter bei Probenahme-Start" (Leermessung)	xxxxxxx	cpm		
Blank time	Dauer der Leermessung	xxx	min.		M
Collect	Beta-Zähler von beprobtem Filter nach Ende der Probenahme	xxxxxx	cpm		
Collect time	Dauer der Sammelmessung	xxx	min.		M
Short	Anzahl Zähler, die durch kurzlebige ß-Strahlung in der Probe bedingt sind	xxxxx	cpm		D
Long	Anzahl Zähler, die durch langlebige ß-Strahlung in der Probe bedingt sind	xxxxx	cpm		D
Nat res.	Anzahl Zähler, die durch ß-Reststrahlung in der Probe bedingt sind	xxxxx	cpm		D
Natural [1]	Rohdaten zur Berechnung der kurz-/langlebigen Betastrahlung	xxxxx	cpm		
Natural [2]	Rohdaten zur Berechnung der kurz-/langlebigen Betastrahlung	xxxxx	cpm		
Natural [3]	Rohdaten zur Berechnung der kurz-/langlebigen Betastrahlung	xxxxx	cpm		
Natural [4]	Rohdaten zur Berechnung der kurz-/langlebigen Betastrahlung	xxxxx	cpm		
Natural [5]	Rohdaten zur Berechnung der kurz-/langlebigen Betastrahlung	xxxxx	cpm		
Natural periods	Anzahl der Rohdaten-Erfassungsperioden	x			M
Blank T	Mittlere Temperatur in der Messkammer während der Leermessung	xxx.x	K	x	
Blank P	Mittlerer Druck in der Messkammer während der Leermessung	xxx.x	kPa	x	
Blank hum	Mittlere Feuchte bei Leermessung	xx.xx	% RF.		
Blank HV	Geiger-Spannung bei Leermessung	xxx.x	V	x	
Collect T	Mittlere Kammertemperatur über den Sammelzyklus	xxx.x	K	x	
Collect P	Mittlerer Kammerdruck über den Sammelzyklus	xxx.x	kPa	x	
Collect hum	Mittlere Kammerfeuchte über den Sammelzyklus	xx.xx	% RF		
Collect HV	Geiger-Spannung über den Sammelzyklus	xxx.x	V	x	

Name	Beschreibung	Format	Einheit	QS	M/D
Beta status	Status des Absorptionsmesskreises, siehe Kapitel A.2.	xxxxx		x	
Total mass	Gesamtgewicht des auf der Membran gesammelten Staubs	xx.xx	mg		D
Mass error	Fehler der Gesamtmasse	x.xxx	mg		D
Mass conc.	Staubkonzentration	xxxx.x	$\mu g/Nm^3$		D
Filter samples	Anzahl Proben, die auf den Filter gesammelt wurden	x			D
Filter pos	Position, an der sich der Filter befindet (0 oder 1)	x			D

Die in der QS-Spalte mit einem "x" gekennzeichneten Parameter sind Teil der Qualitätskontrolle, die in den laufenden Messbetrieb integriert ist.

Einige Parameter sind nur aus dem Menü "Messen" (Measure) einsehbar. Diese sind in der Spalte M/D mit einem "M" gekennzeichnet. Mit einem "D" gekennzeichnete Parameter erscheinen nur in dem Menü "Daten" (Data).

A.2 Pufferspeicher-Statuscodes

Im Pufferspeicher (siehe Kapitel A.1) werden Statuscodes für das Pneumatik- und Betastrahlungssystem abgelegt. Jeder dieser Statuscodes besteht aus einem 16-Bit-Dezimalwert. Wenn bei Probenahme und Messung des entsprechenden Filters normale Betriebsbedingungen herrschen, muss der Wert jeweils "Null" (0) sein. Die Statuscodes haben folgende Bedeutung:

Status des Pneumatik-Systems:

Statuscode		Bedeutung
0001	SpanUnderPressure	Rel. Druckdifferenz bei Messbereichstest ist > 0.45
0002	FlowSpanError	Ergebnis der Durchfluss-Messbereichsprüfung nicht innerhalb ± 3%
0004	FlowLeak	Druckabfall bei Dichtheitsprüfung > 100 Pa
0008	LeakUnderPressure	Rel. Druckdifferenz bei Dichtheitsprüfung > 30 kPa
0010	RegulatorMin	Durchflussregler am unteren Anschlag
0020	RegulatorMax	Durchflussregler am oberen Anschlag
0040	FlowMin	Durchfluss < ee.MinFlow
0080	FlowPressureDrop	Durchfluss-Differenzdruck < 100 Pa
0100	FilterPressureDropMin	Filter-Differenzdruck < ee.MinDrop
0200	FilterPressureDropMax	Filter-Differenzdruck > 70 kPa
0400	FlowPressureDropOffset	Durchfluss-Differenzdruck-Offset > 250 Pa
0800	ExtTemperature	Außentemperaturgeber nicht angeschlossen
1000	AtmPressure	Atmosphärendruckgeber nicht angeschlossen
2000	FlowTemperature	Durchflusstemperatur nicht innerhalb ± 10° der GM-Temperatur

Status des Betastrahlungs-Systems:

Statuscode		Bedeutung
0001	GeigerDarkRange	Dunkelzählwert < 10 oder > 150
0002	GeigerTemperature	Temperatur < 308 K
0004	GeigerNoCount	Innentemperatur 1 = < 308 K
0008	GeigerStability	Geigerzähler-Stabilität > 4 x theoretischer Wert
0010	Aperture	Blendenverhältnis nicht innerhalb ± 5%
0020	GeigerHV	Spannung nicht innerhalb 604 ± 1 V
0040	Cards	Nicht alle Platinen "OK"
0080	BetaMeasurements	Absorptionsmessungen nicht abgeschlossen
0100	LoadError	Filter konnte nicht eingelegt werden.
0200	MeasAborted	Messung abgebrochen.
0400	CarouselPosError	Position konnte nicht gesetzt werden.
0800	CarouselLocking	Karussell konnte nicht gesperrt werden.
1000	CarouselUnlock	Karussel konnte nicht entsperrt werden.
2000	BetaShieldOpen	Strahlungsquellen-Abschirmung öffnet nicht
4000	BetaShieldClose	Strahlungsquellen-Abschirmung schließt nicht
8000	LoadUnload	Filter konnte nicht eingelegt/ausgeworfen werden.

Der aktuelle Status der meisten o.g. Parameter ist aus den Systeminformationen abrufbar.